



TUGAS AKHIR - RE 141581

SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN GUGUK PANJANG, BUKITTINGGI

QURRATA LARAIBA TIDRI
032 14 400000 034

DOSEN PEMBIMBING
Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN GUGUK PANJANG, BUKITTINGGI

QURRATA LARAIBA TIDRI
032 14 400000 034

DOSEN PEMBIMBING
Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - RE 141581

**SEWERAGE SYSTEM AND DOMESTIC WASTE
WATER TREATMENT SYSTEM IN GUGUK
PANJANG SUBDISTRICT, BUKITTINGGI**

QURRATA LARAIBA TIDRI
032 14 400000 034

SUPERVISOR
Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN GUGUK PANJANG, BUKITTINGGI

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
QURRATA LARAIBA TIDRI
NRP 03211440000034

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19711114 200312 2 001



SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN GUGUK PANJANG, BUKITTINGGI

Nama : Qurrata Laraiba Tidri
NRP : 03211440000034
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD

ABSTRAK

Berdasarkan dokumen SSK (Strategi Sanitasi Kota) Bukittinggi pada tahun 2015 terdapat tahapan arah pengembangan sektor air limbah di Kota Bukittinggi. Strategi penanganan sanitasi diprioritaskan terlebih dahulu ke penanganan jangka pendek. Prioritas jangka pendek ini berada pada zona satu. Zona satu merupakan area dengan tingkat risiko tinggi dengan dilakukan penanganan pengolahan air limbah terpusat (*off site*). Adapun kecamatan yang termasuk dalam zona satu adalah Kecamatan Guguk Panjang. Daerah perencanaan terletak di 7 Kelurahan yaitu Kelurahan Guguk Panjang, Kelurahan Bukik Cangang Kayu Ramang, Kelurahan Tarok Dipo, Kelurahan Pakan Kurai, Kelurahan Aur Tajung Tangah Sawah, Kelurahan Benteng Pasar Atas, Kelurahan Kayu Kubu, dan Kelurahan Bukit Apit Puhun.

Air limbah domestik di Kecamatan Guguk Panjang belum dikelola dengan baik, dimana *grey water* dibuang langsung ke drainase tanpa pengolahan. *Black water* diolah menggunakan tangki septik. Namun permintaan pengurusan tangki septik dalam satu hari hanya satu kali dengan kapasitas tangki 2000 L. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tangki septik banyak yang tidak kedap air sehingga mencemari air tanah sekitar. *Grey water* langsung dibuang ke saluran drainase di belakang rumah. Tujuan dari perencanaan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik Kecamatan Guguk Panjang dengan kualitas *effluent* mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik

Indonesia nomor 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

Metode perencanaan ini meliputi pengambilan data primer dari observasi lapangan, wawancara dengan *stratified random sampling* ke 50 responden terkait air limbah, analisis kualitas *effluent* dari air limbah, serta data sekunder dari instansi terkait. Perencanaan ini menyajikan perencanaan teknis dan perencanaan finansial.

Sistem penyaluran air limbah domestik menggunakan sistem *conventional sewerage* yang dibagi menjadi 4 blok pelayanan. Diameter pipa yang digunakan dalam perencanaan ini adalah 114 mm, 140 mm, 165 mm dan 216 mm. IPAL tipikal 150 KK direncanakan menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor* dengan 4 kompartemen dan *Aerobic Biofilter*. Dimensi kompartemen 1 ABR (2,9 m x 2,4 m x 2,7 m), kompartemen 2 – kompartemen 4 (4,8 m x 2,4 m x 2,7 m) dan AF (1,3 m x 2,4 m x 2,7 m).

Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan Sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah adalah Rp. 2.185.095.253 (Blok A), RP. 5.280.002.656 (Blok B), Rp. 1.304.945.595 (Blok C), dan Rp.821.525.242 (Blok D). biaya pengoperasian dan perawatan adalah Rp. 4.628 tiap bulan.

Kata kunci : ABR, AF, anaerobik, *grey water*, SSK, *black water*

SEWERAGE SYSTEM AND DOMESTIC WASTE WATER TREATMENT SYSTEM IN GUGUK PANJANG SUBDISTRICT, BUKITTINGGI

Name : Qurrata Laraiba Tidri
NRP : 03211440000034
Study Program : Teknik Lingkungan
Supervisor : Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD

ABSTRACT

Based on Sanitation Strategy Bukittinggi in 2015. Guguk Panjang subdistrict include in zone one. Zone 1 is a high risk area handling with off site system. The planning areas are located in 7 villages. There are Pakan Kurai, Aur Tajungkang Tengah Sawah, Benteng Pasar Atas, Kayu Kubu and Bukit Apit Puhun.

Domestic waste water in Kecamatan Guguk Panjang has not been well managed, where gray water is discharged directly into drainage without treatment. Black water is treated using a septic tank. However, the demand for one-day septic tank depletion is only once with a 2000 L tank capacity. This condition indicates that many septic tanks are not water-resistant, thus polluting groundwater around. The purpose of this final project planning is to plan the distribution system and waste water treatment of domestic Guguk Panjang subdistrict with effluent quality refers to Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia number 68 of 2016 on the quality standards of domestic waste water.

Planning method involves taking primary data from field observation, interviewing using stratified random sampling to 50 respondents related to wastewater, effluent quality analysis of wastewater, and secondary data from related institutions. This plan presents technical planning and financial planning.

The domestic waste water distribution system uses conventional sewerage system that is divided into 4 service blocks. The pipe diameters used in this plan are 114 mm, 165 mm and 216 mm. A typical IPAL 150 KK is planned to use Anaerobic Baffled Reactor and Aerobic BioFilter. ABR has 4

compartment and AF has 1 compartment. Dimension of ABR compartment 1 (2,9 m x 2,4 m x 2,7 m), ABR compartment 2 – compartment 4 (4,8 m x 2,4 m x 2,7 m) and AF (1,3 m x 2,4 m x 2,7 m).

The budget required for the construction of sewerage system and domestic wastewater treatment system are Rp. 2.185.095.253 (Block A), Rp. 5.280.002.656 (Block B), Rp. 1.304.945.595 (Block C), and Rp. 821.525.242 (Block D). operating and maintenance costs are Rp. 4.628 per month.

Keywords: ABR, AF, anaerobic, aerobic gray water, SSK, black water

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir dengan judul **“Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi”** ini dapat terselesaikan dengan baik. Tidak dapat dipungkiri terdapat beberapa kendala dalam penyelesaian tugas akhir ini. Namun, semua itu dapat teratasi dengan segenap bantuan, motivasi, dan doa dari segenap pihak.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada;

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, menyempatkan waktu, serta memberi masukan dalam penyusunan laporan ini.
2. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, M. Phil, Ph. D, Bapak Prof. Dr. Ir Sarwoko Mangkodihardjo, M. Sc. ES, Bapak Dr. R. Irwan Bagyo Santoso MT, Ibu Bieby Voijant Tangahu ST, MT, Ph. D, Ibu Harmin Sulistyaning Titah ST, MT, Ph. D selaku dosen penguji yang telah banyak memberi saran dan inspirasi dalam penyusunan laporan ini
3. Bapak dan Ibu yang telah memberikan semangat, doa serta menjadi motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Pihak-pihak lain yang terkait yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Serta bisa menambah referensi dan pemahaman terkait pengolahan dan perencanaan sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah.

Surabaya, 8 Juni 2018

Penulis

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Limbah Domestik	5
2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik	5
2.1.2 Karakteristik Air Limbah Domestik	5
2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik	7
2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah	8
2.3.1 <i>Conventional Sewerage</i>	10
2.3.2 <i>Simplified Shallow Sewer</i>	11
2.3.3 <i>Solid – Free Sewerage</i>	12
2.4 Pengolahan Air Limbah	13
2.4.1 Pengolahan Fisik	13
2.4.2 Pengolahan Kimia	13
2.4.3 Pengolahan Biologis	13
2.5 Perhitungan Debit Air Limbah	14
2.1.2 Debit Air Limbah Rata-Rata Harian	14
2.2.2 Debit Infiltrasi Air Tanah dan Air Hujan	15
2.6 Perhitungan Saluran Air Limbah	17
2.6.1 Kecepatan Pengaliran	17
2.6.2 Kemiringan Saluran Penanaman Pipa	18
2.7 Perhitungan Dimensi Pipa	19
2.8 Bangunan Pelengkap	20
2.9 Instalasi Pengolahan Air Limbah	21
2.9.1 <i>Anaerobic Baffled Reactor (ABR)</i>	21
2.9.2 <i>Aerobic Biofilter (AF)</i>	24

2.10.	<i>Headloss</i> pada IPAL.....	27
2.11.	Kelayakan Investasi.....	29
2.11.1	Analisis Finansial dan Ekonomi.....	29
2.11.2	Kriteria Kelayakan Investasi	30
BAB III	Gambaran Umum Wilayah Perencanaan	33
3.1	Gambaran Umum Wilayah	33
3.1.1	Kondisi Geografis dan Administratif	33
3.1.2	Permeabilitas dan Tinggi Muka Tanah	33
3.1.3	Jumlah Penduduk.....	33
3.2	Hasil Survei Masyarakat.....	35
3.2.1	Hasil Survei Kecamatan Guguk Panjang	35
3.2.2	Hasil Survei Kelurahan Belakang Balok	38
BAB IV	Metode Perencanaan	41
4.1	Kerangka Perencanaan.....	41
4.2	Ide Perencanaan dan Identifikasi Masalah	43
4.3	Studi Literatur	44
4.4	Pengumpulan Data	44
4.5	Perencanaan SPAL dan IPAL	47
4.5.1	Aspek Teknis	48
4.5.2	Aspek Finansial	48
4.6	Kesimpulan dan Saran	48
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
5. 1	Periode perencanaan	51
5. 2	Sistem Penyaluran Air Limbah	51
5.2.1	Pemilihan Sistem Penyaluran Air Limbah	51
5.2.2	Debit Air Limbah Rata – Rata Kecamatan	53
5.2.3	Debit Air Limbah Rata - Rata Tiap Blok	55
5.2.4	Pembebanan Air Limbah Tiap Blok.....	61
5.2.5	Dimensi pipa SPAL.....	72
5.2.6	Penanaman Pipa SPAL.....	89
5. 3	<i>Manhole</i>	98
5. 4	Profil Hidrolis SPAL	101
5. 5	Karakteristik Air Limbah	101
5. 6	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah ..	101
5.6.1	<i>Anaerobic Baffled Reactor</i>	102
5.6.2	<i>Aerobik Biofilter</i>	122
5. 7	Rencana Lokasi IPAL	128
5.8.1	Lokasi IPAL A	129
5.8.2	Lokasi IPAL B	129

5.8.3	Lokasi IPAL C	130
5.8.4	Lokasi IPAL D	130
5. 8	Profil Hidrolis IPAL.....	131
5.8.1	Profil Hidrolis IPAL A	131
5.8.2	Profil Hidrolis IPAL B	136
5.8.3	Profil Hidrolis IPAL C	143
5.8.4	Profil Hidrolis IPAL D	150
5. 9	BOQ dan RAB Pembangunan SPAL dan IPAL...	158
5.9.1	BOQ SPAL.....	158
5.9.2	RAB SPAL	175
5.9.3	BOQ IPAL	177
5.9.4	RAB IPAL.....	188
5.9.5	Rekapitulasi BOQ dan RAB.....	192
5. 10	Operasional dan Pemeliharaan IPAL	195
5. 11	Analisis Kelayakan Ekonomi	195
5. 12	Skenario Kelayakan Finansial	205
5. 13	Sosialisasi ke masyarakat	217
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	219
6.1.	Kesimpulan	219
6.2.	Saran	220
DAFTAR PUSTAKA	221
LAMPIRAN 1 PROYEKSI PENDUDUK	227
LAMPIRAN 2 HASIL LABORATORIUM.....		235
BIOGRAFI PENULIS		237

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi <i>conventional sewerage</i>	11
Gambar 2. 2 Ilustrasi <i>simplified sewerage shallow sewer</i> ..	12
Gambar 2. 3 Ilustrasi <i>solid- free sewerage</i>	12
Gambar 2. 4 <i>Average infiltration rate allowance</i>	15
Gambar 2. 5 <i>Peak Infiltration Allowance</i>	16
Gambar 2. 6 <i>Peak Factor</i>	17
Gambar 2. 7 <i>Hydraulic Elements for Circular Sewers</i>	20
Gambar 2. 8 Anaerobic Baffled Reactor (ABR).....	22
Gambar 2. 9 <i>aerobic biofilter</i>	27
Gambar 3. 3 IPAL Belakang Balok.....	38
Gambar 4. 1 Diagram Kerangka Perencanaan	43
Gambar 5. 1 <i>Average infiltration rate allowance</i>	61
Gambar 5. 2 <i>Peaking factor</i>	63
Gambar 5. 3 <i>Peak Infiltration Allowance</i>	64
Gambar 5. 4 <i>Hydraulic Elements for Circular Sewer</i>	73
Gambar 5. 5 <i>Hydraulic Elements for Circular Sewer</i>	75
Gambar 5. 6 Penanaman pipa SPAL	89
Gambar 5. 7 hubungan COD rem dan BOD rem	104
Gambar 5. 8 <i>Mass balance</i> TSS kompartemen 1	107
Gambar 5. 9 hubungan volume lumpur dan HRT	108
Gambar 5. 10 hubungan <i>BOD removal</i> terhadap OLR	113
Gambar 5. 11 Hubungan BOD rem terhadap BOD in	114
Gambar 5. 12 hubungan BOD rem dengan temperatur ...	114
Gambar 5. 13 BOD rem terhadap jumlah kompartemen .	115
Gambar 5. 14 Hubungan BOD rem terhadap HRT	115
Gambar 5. 15 hubungan volume lumpur oleh HRT	117
Gambar 5. 16 Rasio COD rem dengan BOD rem	118
Gambar 5. 17 <i>Mass balance</i> TSS kompartemen 2 - 4	121
Gambar 5. 20 Lokasi IPAL A	129
Gambar 5. 21 Lokasi IPAL B	130
Gambar 5. 22 Lokasi IPAL C	130
Gambar 5. 23 Lokasi IPAL D	131
Gambar 5. 24 Galian normal pipa SPAL	160
Gambar 5. 25 Bentuk galian.....	161

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1Baku Mutu Air Limbah Domestik	8
Tabel 2. 2 Pemilihan Sistem Penyaluran Air Limbah	8
Tabel 2. 3 Perbandingan <i>off site system</i> dan <i>on site system</i>	9
Tabel 2. 4 Slope Minimum Berdasarkan Diameter Pipa	18
Tabel 2. 5 Jarak antar Manhole pada Jalur lurus	21
Tabel 2. 6 Kriteria Desain <i>Anaerobic Baffled Reactor</i>	23
Tabel 2. 7 Kriteria Desain untuk Biofilter Aerobik.....	25
Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk Kecamatan Guguk Panjang	34
Tabel 3. 2 Kepemilikan jamban pribadi	35
Tabel 3. 3 Jenis jamban pribadi	35
Tabel 3. 4 Kepemilikan tangki septik.....	35
Tabel 3. 5 Waktu pengurusan tangki septik	36
Tabel 3. 6 Cara penanganan air bekas MCK.....	36
Tabel 3. 7 kesediaan masyarakat membayar iuran	37
Tabel 3. 8 Kemampuan masyarakat membayar iuran	37
Tabel 3. 9 Penyebab IPAL tidak beroperasi.....	38
Tabel 4. 1 Jumlah responden di Kecamatan Guguk Panjang.....	46
Tabel 5. 1 Pemilihan SPAL.....	51
Tabel 5. 2 Faktor pemilihan <i>off – site system</i>	52
Tabel 5. 3 Kebutuhan air bersih Kecamatan Guguk Panjang	54
Tabel 5. 4 Debit Air Limbah Kecamatan Guguk Panjang.....	55
Tabel 5. 5 Pembagian Blok Pelayanan	56
Tabel 5. 6 Debit rata – rata Blok A	57
Tabel 5. 7 Debit rata – rata Blok B	58
Tabel 5. 8 Debit rata - rata Blok C	59
Tabel 5. 9 Pembagian Blok D.....	59
Tabel 5. 10 Debit air limbah rata - rata Blok A	62
Tabel 5. 11 Debit air limbah rata - rata Blok B	62
Tabel 5. 12 Debit air limbah rata - rata Blok C	62
Tabel 5. 13 Debit air limbah rata - rata Blok D	63
Tabel 5. 14 Debit puncak air limbah Blok A	65
Tabel 5. 15 Debit puncak air limbah Blok B	65
Tabel 5. 16Debit puncak air limbah Blok C	66
Tabel 5. 17 Debit Puncak Air Limbah Blok D	66
Tabel 5. 18 Debit Minimum Air Limbah Blok A.....	67
Tabel 5. 19 Debit Minimum Air Limbah Blok B.....	67

Tabel 5. 20 Debit Minimum Air Limbah Blok C.....	67
Tabel 5. 21 Debit Minimum Air Limbah IPAL D.....	67
Tabel 5. 22 Pembebanan Blok A.....	69
Tabel 5. 23 Pembebanan Blok B.....	70
Tabel 5. 24 Pembebanan BlokC.....	71
Tabel 5. 25 Pembebanan Blok D.....	71
Tabel 5. 26 Diameter pipa Blok A.....	76
Tabel 5. 27 Diameter segmen pada pipa F1 - F.....	79
Tabel 5. 28 Diameter pipa Blok B.....	80
Tabel 5. 29 Diameter segmen pipa B1-B.....	83
Tabel 5. 30 Diameter pipa Blok C.....	85
Tabel 5. 31 Diameter Pipa Blok D.....	87
Tabel 5. 32 Penanaman Blok A.....	91
Tabel 5. 33 Penanaman Blok B.....	93
Tabel 5. 34 PenanamanBlok C.....	95
Tabel 5. 35 PenanamanBlok D.....	96
Tabel 5. 36Jarak antar Manhole pada Jalan Lurus.....	98
Tabel 5. 37 <i>Manhole</i> di Blok A.....	99
Tabel 5. 38 <i>Manhole</i> di Blok B.....	100
Tabel 5. 39 <i>Manhole</i> di Blok C.....	100
Tabel 5. 40 <i>Manhole</i> di Blok D.....	100
Tabel 5. 41Karakteristik Air Limbah.....	101
Tabel 5. 42 Jumlah Unit IPAL yang dibutuhkan.....	102
Tabel 5. 43 Kriteria Desain ABR.....	102
Tabel 5. 44 nilai a dan b BOD dan TSS.....	103
Tabel 5. 45 Kriteria Desain untuk Biofilter Aerobik.....	122
Tabel 5. 46 Luas total IPAL 150 KK.....	128
Tabel 5. 47 Luas Lahan IPAL.....	129
Tabel 5. 48 perhitungan profil hidrolis IPAL A.....	134
Tabel 5. 49 Profil hidrolis IPAL B.....	141
Tabel 5. 50 Profil hidrolis IPAL C.....	148
Tabel 5. 51Profil hidrolis IPAL D.....	156
Tabel 5. 52 Panjang pipa tiap jalur Blok A.....	158
Tabel 5. 53 Panjang pipa tiap jalur Blok B.....	159
Tabel 5. 54 Panjang pipa tiap jalur Blok C.....	159
Tabel 5. 55 Panjang pipa tiap jalur Blok D.....	160
Tabel 5. 56 Standar urugan galian yang diperkenankan.....	161
Tabel 5. 57 Nilai a,b,c,D dan w pada Blok A.....	162
Tabel 5. 58 Nilai a,b,c,D dan w pada Blok B.....	163

Tabel 5. 59 Nilai a,b,c,D dan w pada Blok C	164
Tabel 5. 60 Nilai a,b,c,D dan w pada Blok D	164
Tabel 5. 61 BOQ <i>manhole</i>	167
Tabel 5. 62 BOQ galian Blok A	168
Tabel 5. 63 BOQ galian Blok B	170
Tabel 5. 64 BOQ galian Blok C	172
Tabel 5. 65 BOQ galian Blok D	173
Tabel 5. 66 RAB SPAL Blok A.....	175
Tabel 5. 67 RAB SPAL Blok B.....	175
Tabel 5. 68 RAB SPAL Blok C	176
Tabel 5. 69 RAB SPAL Blok D	176
Tabel 5. 70 RAB sumur pengumpul Blok B.....	188
Tabel 5. 71 RAB sumur pengumpul Blok C.....	189
Tabel 5. 72 RAB sumur pengumpul Blok D.....	190
Tabel 5. 73 RAB ABR dan AF tipikal 150 KK.....	191
Tabel 5. 74 Rekapitulasi BOQ dan RAB SPAL dan IPAL	193
Tabel 5. 75 Operasional dan pemeliharaan IPAL	195
Tabel 5. 76 PV IPAL Blok A.....	197
Tabel 5. 77 PV IPAL Blok B.....	199
Tabel 5. 78 PV IPAL Blok C	201
Tabel 5. 79 Nilai PV IPAL Blok D	203
Tabel 5. 80 skenario kelayakan finansial Blok A.....	206
Tabel 5. 81 Skenario kelayakan finansial Blok B	208
Tabel 5. 82 skenario kelayakan finansial Blok C.....	211
Tabel 5. 83 skenario kelayakan finansial Blok D.....	213

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Guguk Panjang adalah Kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di Kota Bukittinggi. Jumlah penduduk Kecamatan Guguk Panjang tahun 2016 adalah 45.061 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,71 persen per tahun (Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2017). Peningkatan jumlah penduduk akan menyebabkan peningkatan kuantitas dan intensitas pembuangan limbah domestik. Hal ini mengakibatkan proses penguraian limbah secara alami (*self purification*) menjadi tidak seimbang (Setjo *et al.*, 2016).

Kondisi eksisting prasarana air limbah di Kecamatan Guguk Panjang adalah jamban (98,46%) dan cubluk (1,54%). Jamban pribadi sudah dimiliki 92,31% penduduk Kecamatan Guguk Panjang. Jumlah penduduk yang mempunyai jamban sehat masih 42,5 %. Pengolahan limbahnya menggunakan tangki septik (63,08%). Fasilitas komunal sudah dimiliki 6,15% penduduk Kecamatan Guguk Panjang. Pengolahan limbah komunal dengan menggunakan tangki septik komunal (4,62%) dan *biodigester* (1,54%). Berdasarkan profil kesehatan Kota Bukittinggi (2016), penyaluran air limbah domestik hasil mandi dan cuci (*grey water*) bergabung dengan drainase Kota Bukittinggi. Drainase ini dialirkan ke sungai Batang Tambuo (timur) dan Batang Sianok (barat) tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal ini bertolak belakang dengan persyaratan teknis pengolahan air limbah domestik dimana memisahkan saluran pengumpulan air limbah domestik dengan saluran drainase (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik).

Berdasarkan data Dinas Pekerjaan Umum (2017), bahwa pengolahan lumpur tinja (*black water*) belum dilakukan. Hal ini disebabkan karena Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di Kota Bukittinggi masih dalam tahap *feasibility study* yang direncanakan berada di Talao. Kota Bukittinggi telah memiliki 1 (satu) unit truk tinja namun belum dapat dioperasikan. Permintaan pengurasan tangki septik dalam satu hari hanya satu

kali dengan kapasitas tangki 2000 L. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tangki septik banyak yang tidak kedap air sehingga mencemari air tanah sekitar Total *Coliform* yang terdapat pada sumur masyarakat adalah > 50 koloni/100 mL (profil kesehatan Kota Bukittinggi, 2016). Hal ini berakibat pada sumber air bersih yang mengandung berbagai penyakit yang membahayakan kesehatan manusia dan penurunan kualitas air (Sapei *et al.*, 2011). Penyakit yang timbul antara lain penyakit diare dan disentri (Widiyanto *et al.*, 2015). Berdasarkan data Profil Kesehatan Kota Bukittinggi (2016) tercatat 596 orang terkena diare di Kecamatan Guguk Panjang. Parameter dominan yang menimbulkan penurunan kualitas air adalah BOD₅, COD, TSS, total P, NH₃-N dan total *coliform* (Veneman dan Stewart, 2002).

Berdasarkan dokumen SSK (Strategi Sanitasi Kota) Bukittinggi (2015) terdapat tahapan arah pengembangan sektor air limbah di Kota Bukittinggi. Dokumen SSK inii mengacu kepada studi EHRA (*Environmental Health Risk Assesment*). Dengan menggunakan studi EHRA, dapat ditentukan prioritas penanganan kawasan. Penentuan ini dimaksudkan untuk mengukur skala prioritas sehubungan dengan keterbatasan dana (Zuliyanto, 2015). Berdasarkan SSK (2015), Kecamatan Guguk Panjang termasuk dalam zona satu. Zona satu merupakan area dengan tingkat risiko tinggi dengan dilakukan penanganan pengolahan air limbah terpusat (*off site*). Menurut Joko dan Fikri (2012), Strategi penanganan sanitasi diprioritaskan terlebih dahulu ke penanganan jangka pendek. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan penyaluran dan pengolahan air limbah domestik Kecamatan Guguk Panjang, Kota Bukittinggi.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan teknologi sanitasi antara lain adalah faktor teknis, lingkungan, institusional dan masyarakat (Brikke dan Bredero, 2003). Saat ini, banyak orang berpikir untuk menggunakan kembali air limbah yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi air bersih dan menjaga kelestarian lingkungan. (Agatha dan Fitri, 2016). Perencanaan ini menggunakan teknologi pengolahan limbah secara anaerobik. Keuntungan pengolahan anaerobik adalah Kebutuhan energi rendah karena tidak memerlukan aerasi, Produksi lumpur sedikit, relatif lebih stabil dan mudah dikeringkan, dapat memanfaatkan biogas yang dihasilkan, lumpur

(biomassa) yang dihasilkan dapat disimpan lama dan digunakan sebagai bibit untuk reaktor anaerobik baru (Metcalf dan Eddy, 2003). ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) merupakan teknologi pengolahan yang terdiri dari kompartemen pengendap diikuti oleh beberapa reaktor *baffle* vertikal sehingga air mengalir secara *upflow* (Tilley *et al.*, 2014). Pengolahan AF ditandai dengan tumbuhnya biofilm yang menempel pada biofilter. Biofilm ini merupakan biomassa yang tumbuh dalam AF. Jenis media biofilter menentukan keberhasilan proses pengolahan AF (Dyah dan Nilam, 2017).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka beberapa permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini meliputi:

1. Desain sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Guguk Panjang.
2. Rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik Kecamatan Guguk Panjang.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Merencanakan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Guguk Panjang.
2. Menentukan *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB).

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari tugas akhir ini meliputi:

1. Daerah studi adalah Kecamatan Guguk Panjang yang merupakan pemukiman padat penduduk dan termasuk dalam zona 1 sektor sanitasi air limbah Kota Bukittinggi.
2. Perencanaan air limbah meliputi *black water* dan *grey water*.
3. Parameter yang digunakan adalah pH, BOD₅, COD, TSS, minyak dan lemak, NH₃-N dan *total coliform*.
4. Baku mutu *effluent* air limbah domestik yang digunakan sesuai dengan Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

5. Aspek yang ditinjau adalah aspek teknis dan aspek finansial.
6. Kuisioner masyarakat memiliki ketelitian 80%.
7. Desain IPAL tipikal 150 KK
8. Perhitungan BOQ dan RAB pembangunan IPAL mengacu pada HSPK Kota Bukittinggi tahun 2017.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah:

1. Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi: dapat memberikan informasi ilmiah dalam pemilihan opsi sistem dan teknologi sanitasi sektor air limbah domestik bagi Kota Bukittinggi.
2. Masyarakat:
 - a) Memberikan wawasan terkait pengolahan limbah domestik.
 - b) Menyelesaikan permasalahan pengolahan air limbah di Kota Bukittinggi.
 - c) Meningkatkan sanitasi lingkungan sektor air limbah di Kota Bukittinggi.
3. Pemerintah: mendukung program pemerintah dalam upaya pengembangan sanitasi sektor air limbah dimulai dari jangka pendek sampai jangka panjang di Kota Bukittinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik

Bedasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air.

Menurut Mubin *et al.* (2016), air limbah domestik adalah air yang berasal dari usaha atau kegiatan permukiman rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan perumahan. Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga.

2.1.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Menurut Sari (2015), kualitas air limbah domestik dapat dibagi menjadi tiga parameter diantaranya karakteristik fisik, karakteristik kimia, dan karakteristik biologi.

a) Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika limbah terkait dengan sifat fisik yang terlihat dan mudah diidentifikasi secara langsung. Parameter fisika diantaranya suhu, TSS dan TDS. Menurut Morel dan Diener dalam Rahmannisa (2017), air limbah memiliki suhu lebih tinggi dari air bersih dan bervariasi pada 18 – 30 °C. Suhu lebih tinggi menyebabkan peningkatan pertumbuhan bakteri dan pengurangan kelarutan CaCO_3 sehingga menimbulkan pengendapan di tangki penyimpanan maupun sistem perpipaan. Menurut Sugiharto (2008), TSS merupakan jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Menurut Nasution dalam Nicola (2015), TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel - partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan - bahan organik tertentu, sel - sel mikroorganisme dan sebagainya. Menurut Tarigan dan Edward

dalam Nicola (2015), TSS merupakan bahan pembentuk endapan paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. TDS adalah jumlah zat padat baik berupa ion - ion organik, senyawa maupun koloid di dalam air. Konsentrasi TDS dalam badan air melebihi ambang batas yang diperbolehkan dapat membahayakan kesehatan karena dapat menyebabkan gangguan pada ginjal.

b) Karakteristik Kimia

Bahan beracun dalam limbah dapat menyebabkan rantai makanan terganggu serta dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat. Secara umum karakteristik kimia limbah dapat dibedakan menjadi zat organik yang terdiri atas parameter DO, BOD, COD, protein, karbohidrat, minyak, lemak dan detergen dan zat anorganik yang terdiri dari pH, alkalinitas, logam, gas, nitrogen dan phosphor. Menurut Kumar *et al* (2012), DO merupakan oksigen yang terdapat dalam air (dalam bentuk molekul hidrogen hidroksida) biasanya dinyatakan dalam mg/L (ppm). Menurut Agustira *et al* (2013), BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan mikroorganisme untuk menguraikan atau mendekomposisikan bahan organik dalam kondisi aerobik. Menurut Kurnaisih *et al* (2013), COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi secara kimiawi. Menurut Mubin (2016), Karbohidrat terdiri dari gula, pati selulosa dan benang-benang kayu yang mempunyai komposisi unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Gula dalam limbah domestik cenderung terdekomposisi oleh enzim dari bakteri - bakteri tertentu dan ragi menghasilkan alcohol dan gas CO₂ melalui proses fermentasi. Minyak dan lemak mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan - bahan tersebut banyak terdapat pada hasil sisa makanan. Detergen termasuk bahan organik yang sangat banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, hotel dan rumah sakit. Fungsi utama deterjen adalah sebagai pembersih dalam pencucian, sehingga tanah, lemak dan lainnya dapat dipisahkan.

Menurut Mubin (2016), karakteristik kimia terdiri atas pH, alkalinitas, logam, gas, nitrogen dan phosphor. Menurut Asmadi dan Suharno (2012), bahwa kadar pH yang baik adalah ketika

kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Menurut Mubin (2016), alkalinitas atau kebasaaan air limbah disebabkan oleh adanya hidroksida, karbonat dan bikarbonat seperti kalsium, magnesium, kalium dan natrium. Alkalinitas adalah hasil dari adanya hidroksi karbonat dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodium, potassium atau amoniak. Dalam hal ini, yang paling utama adalah kalsium dan magnesium nikarbonat. Pada umumnya air limbah adalah basa yang diterima dari penyediaan air, air tanah dan bahan tambahan selama dipergunakan di rumah. Selanjutnya menentukan jumlah kandungan pada air limbah sangat penting dikarenakan jika berlebihan maka akan bersifat racun. Unsur nitrogen merupakan bagian yang penting untuk keperluan pertumbuhan protista dan tanaman. Nitrogen ini dikenal sebagai unsur hara atau makanan dan perangsang pertumbuhan. Nitrogen dalam limbah cair merupakan gabungan dari bahan- bahan berprotein dan urea. Nitrogen diuraikan secara cepat dan diubah menjadi ammonia oleh bakteri, sehingga umur dari air limbah secara relatif dapat ditunjukkan dari jumlah ammonia yang ada. Phosphor juga sama dengan nitrogen, dimana merupakan unsur penting untuk pertumbuhan Protista dan tanaman, yang dikenal pula sebagai nutrisi dan perangsang pertumbuhan. Phosphor merupakan komponen yang menyuburkan alga dan organisme biologi lainnya, sehingga dapat dijadikan tolak ukur kualitas air limbah.

c) Karakteristik Biologi

Parameter biologi dapat dilihat dari banyaknya mikroorganisme patogen atau penyebab penyakit yang berada di air limbah domestik. Pertumbuhan dari penyakit tergantung dari beberapa faktor diantaranya dosis infeksi, *pathogenesis*, inang dan faktor lingkungan. Potensi agen penyebab penyakit tergantung pada stabilisasi dari mikroorganisme pembawa penyakit di dalam lingkungannya. Dosis minimal (*minimal infective dose*) bervariasi tergantung dari jenis organisme parasitnya, misalnya *coliform* dan *salmonella*.

2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Bedasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016 tentang

Baku Mutu Air Limbah Domestik, bahwa pengolahan air limbah domestik wajib memenuhi baku mutu air limbah sebagaimana tercantum pada lampiran 1 dari peraturan menteri ini. Baku mutu air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Lampiran 1 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016

2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah

Menurut pedoman pengolahan air limbah perkotaan departemen kimpraswil di dalam Zulyanto (2015), hal - hal yang menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan sistem pengolahan air limbah domestik didasarkan pada faktor- faktor kepadatan penduduk, sumber air yang ada, kedalaman muka air tanah dan kemampuan membiayai. Berikut parameter pertimbangan pemilihan sistem penyaluran air limbah dapat dilihat pada Tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Pemilihan Sistem Penyaluran Air Limbah

Parameter yang menjadi Pertimbangan	Sistem Penyaluran Limbah Domestik	
	Off site system	On site system
Kepadatan penduduk	> 150 jiwa/ha	< 150 jiwa/ha
Ketersediaan sumber air	Jaringan air bersih harus ada dan besar pemakaian > 60 liter/detik	Tidak harus ada jaringan air bersih dan besar pemakaian > 60 liter/detik
Permeabilitas tanah	< $2,7 \times 10^{-4}$ l/m ² /dtk dan > $4,2 \times 10^{-3}$ l/m ² /dtk	-
Kedalaman muka air	> 1,5 m	< 1,5 m

Parameter yang menjadi Pertimbangan	Sistem Penyaluran Limbah Domestik	
	<i>Off site system</i>	<i>On site system</i>
tanah		
Kemiringan tanah	> 2%	< 2%
Kemampuan membiayai	besar	kecil

Sumber : Zuliyanto, 2015

Menurut Mubin (2016), berdasarkan faktor- faktor tersebut kemudian dilakukan pemilihan sistem penyaluran air limbah. perbandingan keuntungan dan kerugian dari sistem penyaluran air limbah dapat dilihat pada Tabel 2. 3.

Tabel 2. 3 Perbandingan *off site system* dan *on site system*

Sistem Terpusat (<i>off site system</i>)	Sistem Setempat (<i>on site system</i>)
Keuntungan : <ul style="list-style-type: none"> • Menyediakan pelayanan yang terbaik • Sesuai daerah dengan kepadatan tertinggi • Pencemaran terhadap badan air tanah dapat dihindari • Memiliki masa guna lama 	Keuntungan : <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan teknologi sederhana • Memerlukan biaya yang rendah • Masyarakat dan tiap- tiap keluarga dapat menyediakan sendiri • Pengoperasian dan pemeliharaan oleh masyarakat Manfaat dapat dirasakan secara langsung
Kerugian : <ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan biaya investasi, operasi dan pemeliharaan yang tinggi • Menggunakan teknologi tinggi 	Kerugian : <ul style="list-style-type: none"> • Tidak dapat diterapkan pada setiap daerah, misalkan sifat permeabilitas tanah, tingkat kepadatan tanah dan lain-lain

Sistem Terpusat (<i>off site system</i>)	Sistem Setempat (<i>on site system</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Tidak dapat dilakukan oleh perseorangan • Waktu yang lama dalam perencanaan dan pelaksanaan • Perlu pengelolaan, operasional dan pemeliharaan yang baik 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungsi terbatas hanya dari buangan • Kerugian: <ul style="list-style-type: none"> • kotoran manusia (<i>black water</i>), tidak melayani air limbah kamar mandi dan air bekas cucian (<i>grey water</i>) • Operasi dan pemeliharaan sulit dilaksanakan

Sumber : Mubin,2016

Menurut Tilley *et al* (2014), sistem penyaluran air limbah dengan *off site system* dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu *conventional sewerage*, *simplified sewerage* dan *solid - free sewerage*.

2.3.1. **Conventional Sewerage**

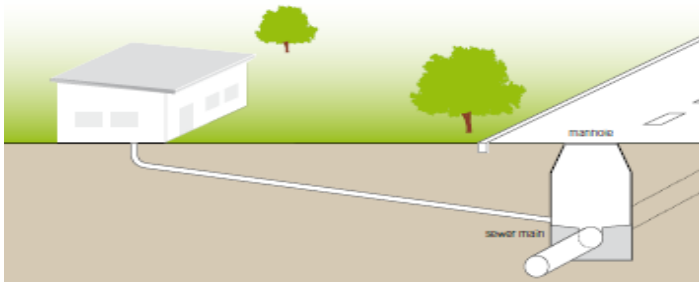
Conventional sewerage adalah jaringan pipa bawah tanah yang menyalurkan pipa dari masing - masing rumah menuju pengolahan terpusat dengan aliran gravitasi dan pompa jika diperlukan. *conventional sewer* membutuhkan *pre - treatment* di sumber terlebih dahulu (*on site treatment*). Dalam mendesain sistem ini perlu dipastikan telah memenuhi kecepatan minimum untuk *self - cleansing* (0,3 – 0,6 m/s). kelebihan dari sistem ini adalah:

- Perawatannya yang lebih mudah dibandingkan *simplified* dan *solid - free sewer*
- *Grey water* dan air hujan dapat ditangani
- Dapat menangani partikel *grit*

Kelemahan sistem ini adalah:

- Memerlukan biaya yang lebih mahal untuk operasi dan perawatan
- Memerlukan penggalian yang dalam
- Memerlukan desain yang sulit, konstruksi dan perawatan

Ilustrasi *conventional sewerage* dapat dilihat pada Gambar 2. 1.



Gambar 2. 1 Ilustrasi *conventional sewerage*
 Sumber : Tilley et al., 2014

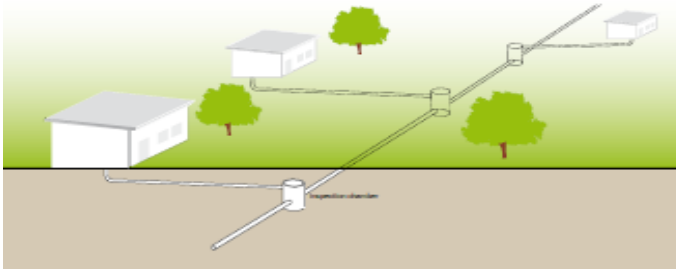
2.3.2. ***Simplified Shallow Sewer***

Simplified sewerage adalah sistem penyaluran air limbah yang menggunakan diameter pipa kecil, ditanam pada kedalaman yang dangkal dengan kemiringan lebih landai dibandingkan dengan *conventional sewer*. *Manhole* dapat diganti dengan lubang inspeksi. Sistem ini dipasang dalam satu area atau kawasan sehingga dapat mencakup lebih banyak sambungan.

Diameter minimum yang disarankan adalah 100 mm. kelebihan dari sistem ini adalah:

- Biayanya lebih murah daripada *conventional sewer*
 - Dapat menjangkau lebih banyak penduduk yang belum memiliki sistem sanitasi
 - Dapat dikembangkan dan diadaptasi mengikuti pertumbuhan penduduk atau komunitas tersebut
- Kekurangan dari sistem ini adalah:
- Membutuhkan perencanaan dan konstruksi dari orang yang ahli
 - Perlu dibentuk organisasi atau kepanitiaan untuk memelihara sistem penyaluran ini
 - Membutuhkan perbaikan rutin dan pembersihan sumbatan yang lebih sering daripada *conventional sewer*

Ilustrasi *simplified sewerage shallow sewer* dapat dilihat pada Gambar 2. 2.



Gambar 2. 2 Ilustrasi *simplified sewerage shallow sewer*
Sumber : Tilley et al., 2014

2.3.3. **Solid – Free Sewerage**

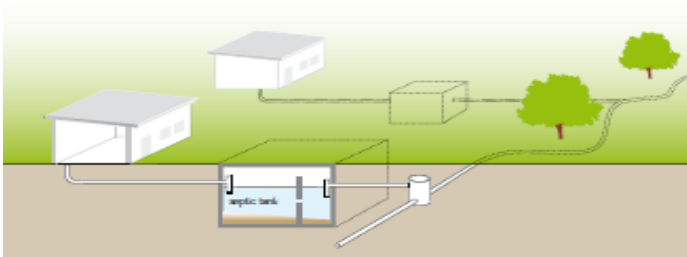
Solid – free sewerage mirip dengan *simplified sewerage* namun dengan pipa dipasang pada *outflow* tangki septik. Saluran tidak harus *self- cleansing* (0,3 – 0,6 m/s) dan dapat ditanam dengan kedalaman dangkal dan mengikuti topografi. Diameter minimal untuk pipa adalah 10 cm. Kelebihan sistem ini adalah:

- Cocok untuk daerah dengan kepadatan tinggi yang tidak memiliki area resapan
- Dapat membawa debit saat terisi penuh maupun setengah penuh
- Biaya lebih murah dari sistem konvensional

Kekurangan dari sistem ini adalah membutuhkan tenaga ahli dari beberapa material khusus.

Ilustrasi *solid – free sewerage* dapat dilihat pada Gambar

2. 3.



Gambar 2. 3 Ilustrasi *solid- free sewerage*

Sumber : Tilley et al., 2014

2.4 Pengolahan Air Limbah

Menurut Tchobanoglous *et al.*, (2003), pengolahan air limbah dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam pengolahan yaitu fisik, kimia dan biologi.

2.4.1 Pengolahan Fisik

Pengolahan secara fisik memanfaatkan proses fisik secara alami. Proses ini dilakukan pada awal proses pengolahan, proses ini dilakukan pada awal proses pengolahan. Proses pengolahan secara fisik meliputi screening, sedimentasi, flokulasi, filtrasi dan adsorpsi.

2.4.2 Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia menggunakan penambahan zat-zat kimia maupun reaksi kimia untuk menyisihkan polutan. Pengolahan secara kimia yang umum digunakan antara lain presipitasi, transfer gas, adsorpsi dan desinfeksi.

2.4.3 Pengolahan Biologis

Pengolahan air limbah secara biologis mengolah air limbah dengan bantuan aktivitas biologis. Pengolahan biologis digunakan untuk menyisihkan partikel koloid dan senyawa organik terlarut yang ada dalam air limbah. Berdasarkan kebutuhan oksigen, pengolahan biologis dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu pengolahan secara aerobik dan anaerobik.

a) Pengolahan secara aerobik

Pengolahan secara aerobik sangat bergantung pada mikroorganisme, sehingga harus menyesuaikan dengan kebutuhan oksigen. Pada kondisi aerob mikroorganisme mengambil oksigen dari udara dan makanan dari metabolisme biologi berupa CO₂, H₂O dan energi (Fitria, 2008). Teknologi pengolahan aerobik yang sering diterapkan adalah sistem lumpur aktif karena memiliki efisiensi penyisihan tinggi dan operasionalnya yang mudah.

b) Pengolahan secara anaerobik

Pengolahan secara anaerobik memanfaatkan kondisi tanpa oksigen sehingga cocok untuk mengolah air limbah dengan

beban yang besar. Keuntungan dari pengolahan secara anaerobik antara lain kemudahan dalam konstruksinya dan operasi, produksi lumpur kecil, dapat menghasilkan energi dalam bentuk biogas dan dapat diaplikasikan dalam skala besar maupun kecil.

2.5 Perhitungan Debit Air Limbah

Besarnya debit air limbah yang dihasilkan dapat ditentukan dengan memperhatikan hal-hal berikut ini:

- Sumber air limbah
- Besarnya pemakaian air bersih
- Jenis bahan saluran, cara-cara penyambungan dan banyaknya bahan pelengkap lainnya
- Curah hujan, daya serap dan keadaan air tanah

2.1.2 Debit Air Limbah Rata-Rata Harian

Dari hasil perkiraan besarnya debit penggunaan air bersih untuk rumah tangga, bangunan umum, institusional dan sebagainya, tidak keseluruhannya akan mengalir sebagai air limbah. Kehilangan ini terjadi karena adanya evaporasi, penyiraman tanaman, minum, yang besarnya diperkirakan sebesar 15% - 40%. Dengan kata lain, debit air limbah rata-rata harian merupakan jumlah dari debit air limbah domestik dan debit air limbah non domestik.

Untuk mencari besarnya debit air limbah domestik dapat digunakan rumus:

$$Q_d = (60\%-85\%) \times Q \dots\dots\dots (2.1)$$

Sedangkan untuk mencari besarnya debit air limbah non domestik digunakan rumus:

$$Q_{nd} = (60\%-85\%) \times Q_d \dots\dots\dots (2.2)$$

Sehingga besarnya debit air limbah rata-rata per harinya adalah :

$$Q_{ave} = Q_d + Q_n \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

Q_d = debit air limbah domestik (L/det)

Q_{nd} = debit air limbah non domestik (L/det)

Q_{ave} = debit rata-rata air limbah per hari (L/det)

q_d = kebutuhan air bersih domestik (L/orang/hari)

q_{nd} = kebutuhan air bersih non domestik (L/orang/hari)

2.2.2 Debit Infiltrasi Air Tanah dan Air Hujan

Jika digunakan sistem terpisah, harus diperhitungkan pula debit air yang masuk ke dalam jalur perpipaan, yaitu infiltrasi air tanah dan air hujan. Infiltrasi ini tidak dapat dihindarkan karena hal tersebut disebabkan oleh:

- Pekerjaan sambungan pipa yang kurang sempurna
- Jenis material saluran dan perlengkapan yang dipakai.
- Kondisi air tanah dan fluktuasi muka tanah
- Celah-celah yang terdapat pada permukaan saluran (*manhole*) dari bangunan pelengkap saluran

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_{ave\ inf} = (F_{inf} \times \text{Luas Area}) / 86400 \dots\dots\dots (2.4)$$

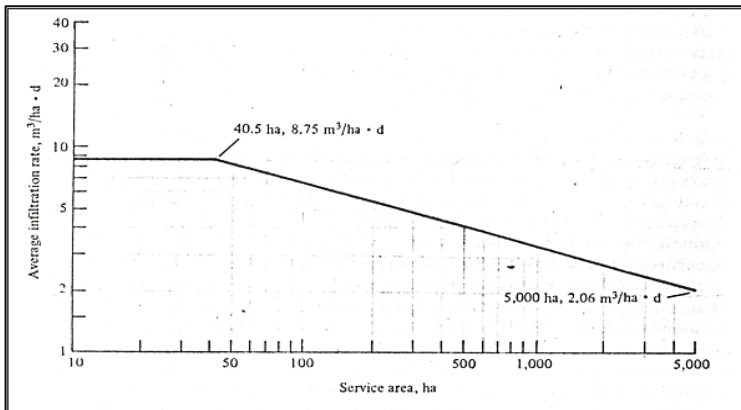
Di mana :

$Q_{ave\ inf}$ = debit rata-rata infiltrasi (L/det)

F_{inf} = faktor infiltrasi

Luas Area = luas area pelayanan (Ha)

Grafik *average infiltration rate allowance* dapat dilihat pada Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 *Average infiltration rate allowance*

Sumber : Metcalf and Eddy, 2003

Dari debit rata-rata infiltrasi, didapatkan *Q peak infiltration* dengan persamaan berikut:

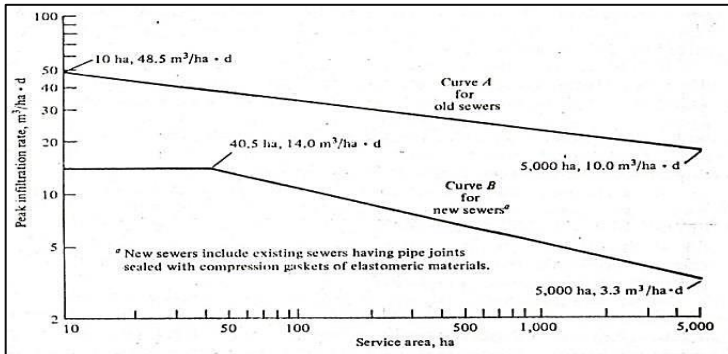
$$Q_{peak\ inf} = f_{peak\ inf} \times Q_{ave\ inf} \dots\dots\dots (2.5)$$

Di mana:

$Q_{peak\ inf}$ = debit puncak infiltrasi (L/det)

$f_{\text{peak inf}}$ = faktor *peak* infiltrasi (*peak infiltration allowance*)

Grafik *peak Infiltration allowance* dapat dilihat pada Gambar 2. 5.



Gambar 2. 5 *Peak Infiltration Allowance*
Sumber : Metcalf and Eddy, 2003

Fluktuasi air limbah tergantung pada fluktuasi pemakaian air bersih. Pada waktu pemakaian air bersih memuncak, besarnya debit air limbah pun akan meningkat. Hal yang sama akan berlaku apabila pemakaian air bersih berada dalam debit minimum. Fluktuasi air limbah yang perlu diperhitungkan, yaitu :

1. Debit air limbah rata-rata (Q_r)

$$Q = Q_d + Q_n \quad \text{.....(2.6)}$$

Dimana:

- Q_r = debit air limbah rata-rata (L/det)
- Q_d = debit air limbah domestik (L/det)
- Q_{nd} = debit air limbah non domestik (L/det)

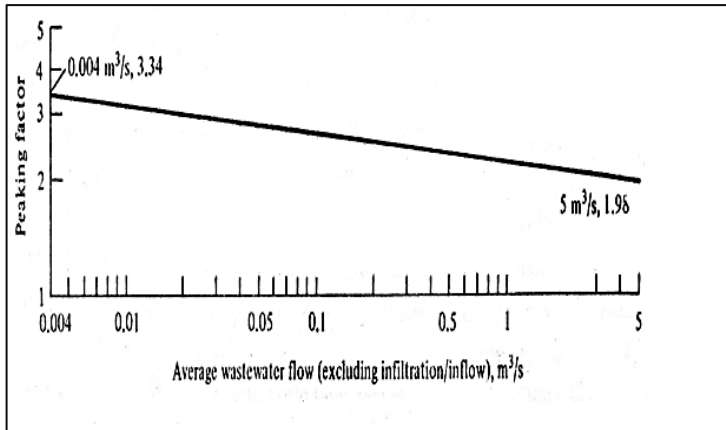
2. Debit air limbah puncak (Q_{peak})

$$Q_{\text{peak}} = f_{\text{peak}} \times Q_r \quad \text{.....(2.7)}$$

Dimana:

- Q_{peak} = debit air limbah puncak (L/det)
- Q_r = debit air limbah rata-rata (L/det)
- f_{peak} = faktor puncak (dari grafik *peak factor*)

Grafik *peak factor* dapat dilihat pada Gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 Peak Factor
Sumber : Metcalf and Eddy, 2003

3. Debit air limbah minimum (Q_{\min})
 $Q_{\min} = 1/5 \times (P/1000)^{1,2} \times Q_r$ (2.8)
 Di mana:
 Q_{\min} = debit air limbah minimum (L/det)
 Q_r = debit air limbah rata-rata (L/det)
 P = penduduk
4. Debit air limbah total (Q_{tot})
 $Q_{\text{tot}} = Q_{\text{average inf}} + Q_{\text{peak}}$ (2.9)
 Di mana:
 Q_{tot} = debit air limbah total (L/det)
 Q_{inf} = debit infiltrasi (L/det)
 Q_{peak} = debit air limbah puncak (L/det)

2.6 Perhitungan Saluran Air Limbah

Faktor yang mempengaruhi perhitungan saluran air limbah antara lain: kecepatan pengaliran, kedalaman airan dan kemiringan saluran di pipa.

2.6.1 Kecepatan Pengaliran

Kecepatan pengaliran dalam sistem penyaluran air limbah harus berada dalam batasan - batasan kecepatan tertentu, sebagai berikut :

a. Kecepatan Minimum

Kecepatan ini didasarkan pada kemampuan pengaliran untuk memberikan daya pembilasan sendiri saluran tersebut terhadap endapan-endapan. Kecepatan minimum yang biasa digunakan dalam perencanaan penyaluran air limbah adalah 0,3 m/dt. Disamping itu juga terdapat kecepatan minimum menurut kebutuhannya, misalnya :

- Untuk mencegah terjadinya endapan organik maka digunakan kecepatan minimum 0,3 m/dt.
- Untuk mencegah pengendapan partikel mineral seperti pasir dan kerikil digunakan kecepatan minimum 0,6 m/dt.
- Untuk saluran air limbah yang tertekan dimana pembersihan adalah sulit dilaksanakan digunakan kecepatan minimum yang digunakan adalah 1,0 m/dt. Salah satu contoh saluran air limbah yang tertekan adalah *Inverted syphon*.

b. Kecepatan Maksimum

Kecepatan ini didasarkan pada kemampuan saluran terhadap adanya kemungkinan gerusan-gerusan yang terjadi oleh aliran yang mengandung partikel kasar. Agar tidak terjadi penggerusan, maka kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah sekitar 2,5 - 3,0 m/dt. Meskipun harus diingat pula bahwa penggerusan bisa disebabkan karena proses alam.

2.6.2 Kemiringan Saluran Penanaman Pipa

Apabila kondisi medan relatif datar, dibutuhkan penanaman jaringan pipa dengan kemiringan minimal yang dapat memberikan kecepatan pengaliran dengan daya pembilasan sendiri dengan nilai kekasaran *Manning*, $n = 0,013$ dan $n = 0,015$. Berikut ini tabel *Slope* minimum berdasarkan diameter pipa yaitu pada Tabel 2. 4 dibawah ini.

Tabel 2. 4 Slope Minimum Berdasarkan Diameter Pipa

Diameter Pipa	Diameter Pipa	$n = 0,013$	$n = 0,015$
(mm)	(inch)		
200	8	0,0033	0,0044
250	10	0,0025	0,0033

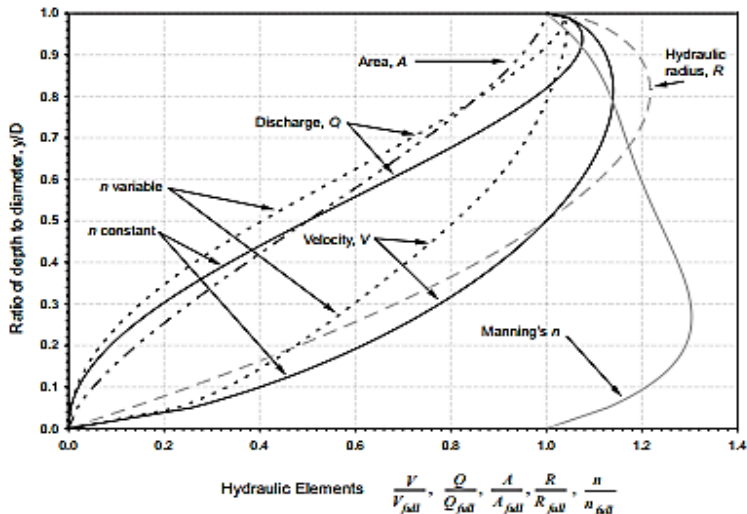
Diameter Pipa (mm)	Diameter Pipa (inch)	n = 0,013	n = 0,015
300	12	0,0019	0,0026
375	15	0,0014	0,0019
450	18	0,0011	0,0015
525	21	0,0009	0,0012
600	24	0,0008	0,001
675	27	0,0007	0,0009
750	30	0,0006	0,0008
900	36	0,0004	0,0006

Sumber : Metcalf and Eddy, 1981

2.7 Perhitungan Dimensi Pipa

Perhitungan dimensi sistem penyaluran air limbah didasarkan pada kebutuhan sampai pada akhir periode desain yang direncanakan. Batasan-batasan yang dijadikan pedoman dalam merencanakan diameter saluran air limbah antara lain:

- Konstanta Manning (n) = 0.0012 (pipa PVC), (*Municipal Piping System*, 2002)
- Diameter pipa minimum = 100 mm dengan saluran gravitasi (kementerian pekerjaan umum, 2013)
- kecepatan minimum = 0,3 m/s pada saat debit rata-rata atau *peak*
- kecepatan maksimum = 2,5 – 3,0 m/s
- Tinggi renang (d/D) = 0,6 - 0,8 (*Design Criteria for Gravity Sanitary Sewer Lines*, 2007)
- Tinggi renang minimum (d_{\min}/D) = 0,2 diameter pipa (kementerian pekerjaan umum, 2017)
- Tinggi renang maksimum (d_{\max}/D) = 0,6 - 0,8 diameter pipa (kementerian pekerjaan umum, 2017)
- Nilai $Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full}}$ diperoleh dari grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer* seperti terlihat pada Gambar 2. 7.



Gambar 2. 7 Hydraulic Elements for Circular Sewers
Sumber : Metcalf and Eddy, 2003

2.8 Bangunan Pelengkap

Bangunan Pelengkap berguna untuk memudahkan penyaluran air limbah dan operasional atau perawatan saluran.

Manhole merupakan lubang yang digunakan untuk memeriksa, memelihara, dan memperbaiki aliran air yang tersumbat. *Manhole* dilengkapi dengan tutup dari beton dan *cast iron galvanized*, beserta anak tangga untuk menurunnyanya. Lokasi penempatan manhole yang mungkin akan digunakan:

- Pada jalur saluran yang lurus dengan jarak tertentu bergantung dari diameter saluran yang disesuaikan dengan panjang peralatan pembersihan yang akan digunakan.
 - Pada setiap perubahan kemiringan saluran , perubahan diameter, dan perubahan arah aliran vertikal maupun horizontal.
 - Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan dengan pipa atau bangunan lain
- Jarak antar *manhole* dapat dilihat pada Tabel 2. 6.

Tabel 2. 5 Jarak antar Manhole pada Jalur lurus

Diameter (mm)	Jarak antar Manhole (m)
20 – 50	50 – 75
50 – 75	75 – 125
100 – 150	125 – 150
150 – 200	150 – 200
1000	100 – 150

Sumber: Kementrian Pekerjaan Umum, 2017

Selain manhole, digunakan pula *drop manhole* yaitu bangunan terjunan yang digunakan bila perbedaan tinggi antara dua saluran lebih dari 0,6 m dan pada saluran dengan *slope* memotong *slope* medan. Konstruksi *manhole* dapat terbuat dari beton. Lubang *manhole* harus dapat dimasuki orang yang akan memeriksa saluran tersebut. Adapun macam-macam *manhole* sebagai berikut:

- a. *Manhole* lurus
- b. *Manhole* belokan
- c. *Manhole* pertigaan
- d. *Drop Manhole*

2.9. Instalasi Pengolahan Air Limbah

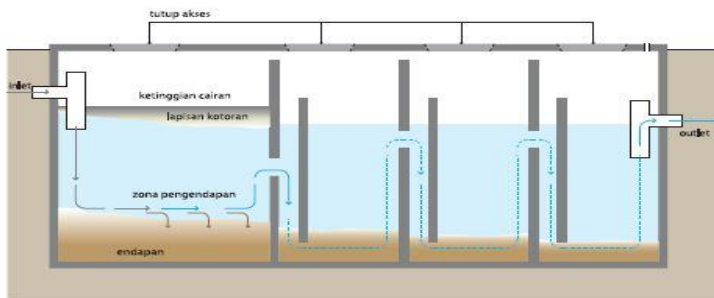
Dalam Pengolahan anaerobik yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu IPAL kombinasi ABR dan AF.

2.9.1 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) merupakan pengolahan air limbah secara fisik dan biologis dalam bentuk bak pengendap dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut dan tidak mengendap (Morel dan Diner, 2006). Ruang sedimentai terintegrasi untuk *pre-treatment* air limbah, sedangkan sekat atau *baffle* difungsikan untuk menghasilkan turbulensi. Air limbah melewati lumpur aktif ketika menuju ke kompartement berikutnya. *Solid Retention Time* (SRT) terpisah dari *Hydraulic Retention Time* (HRT). Laju pengolahan yang tinggi disebabkan oleh adanya kontak antara air limbah dengan lumpur aktif dan SRT yang tinggi sehingga produksi lumpur aktif rendah (Wang, 2004)

ABR dapat dibangun untuk berbagai iklim, meskipun efisiensi terpengaruh pada iklim dingin (Tilley *et al.*, 2014). ABR

dirancang agar alirannya turun naik seperti terlihat pada Gambar 2. 8. Aliran seperti ini menyebabkan aliran air limbah yang masuk (*influent*) lebih intensif terkontak dengan biomassa anaerobik, sehingga meningkatkan kinerja pengolahan. Penurunan BOD dalam ABR lebih tinggi daripada tangki septik, yaitu sekitar 70 - 95%. Perlu dilengkapi saluran udara. Untuk operasi awal perlu waktu 3 bulan untuk menstabilkan biomassa di awal proses. Kelebihan sistem ini adalah biaya operasi rendah, efisiensi pengolahan tinggi dan tidak memakan banyak lahan karena dapat di bangun di dalam tanah (Rahmannisa,2017). Efisiensi *removal* TSS adalah 91% (Aqaneghad dan Moussavi, 2016). Efisiensi *removal* BOD dan COD adalah 86% dan 83%. (Razif dan Hamid, 2014).



Gambar 2. 8 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Sumber: Tilley et al, 2008

Aplikasi dan Efisiensi ABR:

1. Cocok untuk semua macam air limbah, seperti air limbah permukiman, rumah-sakit, hotel/penginapan, pasar umum, rumah potong hewan (RPH), industri makanan. Semakin banyak beban organik, semakin tinggi efisiensinya.
2. Cocok untuk lingkungan kecil atau rumah tangga. Bisa dirancang secara efisien untuk aliran masuk (inflow) harian hingga setara dengan volume air limbah dari 1000 orang (200.000 liter/hari).

3. ABR terpusat (setengah-terpusat) sangat cocok jika teknologi pengangkutan sudah ada.
4. Tidak boleh dipasang jika permukaan air tanah tinggi, karena perembesan (*infiltration*) akan memengaruhi efisiensi pengolahan dan akan mencemari air tanah (Foxon *et al.*, 2004).
5. Truk tinja harus bisa masuk ke lokasi.
6. Digunakan pada beberapa lokasi Sanimas dan MCK di Indonesia.

Kelebihan penggunaan ABR antara lain:

1. Tahan terhadap beban kejutan hidrolis dan zat organik.
2. Tidak memerlukan energi listrik.
3. *Grey water* dapat dikelola secara bersamaan.
4. Dapat dibangun dan diperbaiki dengan material lokal yang tersedia.
5. Umur pelayanan panjang.
6. Penurunan zat organik tinggi.
7. Biaya investasi dan operasi.

Kekurangan penggunaan ABR antara lain:

1. Memerlukan sumber air yang konstan.
2. Efluen memerlukan pengolahan sekunder atau dibuang ke tempat yang cocok.
3. Penurunan zat patogen rendah.
4. Pengolahan pendahuluan diperlukan untuk mencegah penyumbatan.

Kriteria desain unit ABR dapat dilihat pada Tabel 2. 6.

Tabel 2. 6 Kriteria Desain *Anaerobic Baffled Reactor*

No	Parameter	Nilai
1	Panjang baffle	50 - 60% dari ketinggian
2	Upflow velocity	< 2 m/jam
3	Removal BOD	70 - 95%
4	Removal COD	65 - 90%
5	Organic Loading	< 3 kg COD/m ³ .hari (Sasse, 2009) 5-10 kg COD/m ³ .hari (Tchobanoglous et al., 2003)
6	HRT	Kompartemen 1 : 2 – 6 jam Kompartemen 2 : >8 jam (Sasse, 2009), 6-24 jam (Tchobanoglous et al., 2003)

No	Parameter	Nilai
7	SRT	> 30 hari

Sumber : Tchobanoglous et al., 2003; Sasse, 2009

Persamaan Perhitungan desain *Anaerobic Baffled Reactor* dapat dilihat pada langkah-langkah sebagai berikut :

- Waktu Tinggal Hidrolik (HRT)
 $HRT = V / Q$ (2.10)
 Dimana:
 HRT = Waktu tinggal hidrolik (hari)
 V = volume (m^3)
 Q = Debit (m^3 /hari)
- *Organic Loading Rate* (OLR)
 $OLR = Q \times So / \text{volume}$ (2.11)
 Dimana :
 Q = debit (m^3 /hari)
 So = Total COD inlet (mg/L)
- V_{up}
 $V_{up} = Q / (p \text{ satu kompartemen} \times l)$ (2.12)
 Dimana :
 P = panjang satu kompartemen (m)
 l = lebar satu kompartemen (m)
- *Headloss* (H_f)
 $H_f = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{V^2}{2g}$ (2.13)
 $f = (1,5 \times (0,01989) + \frac{0,0005078}{4R})$ (2.14)
 Dimana:
 L = panjang ABR (m)
 R = jari-jari hidrolis (m)
 V = kecepatan (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)

2.9.2 *Aerobic Biofilter* (AF)

Pengolahan AF ditandai dengan tumbuhnya biofilm yang menempel pada biofilter. Biofilm ini merupakan biomassa yang tumbuh dalam AF. Jenis media biofilter menentukan keberhasilan proses pengolahan AF (Dyah dan Nilam, 2017) . Biofilter merupakan pengolahan biologis menggunakan sistem *attached*

growth. Sistem ini digunakan untuk mendegradasi zat pencemar yang masuk ke dalam lapisan biofilm yang terbentuk pada permukaan media. Pengolahan menggunakan biofilter merupakan pengolahan yang sangat mudah dan sangat murah dari segi operasional. Biofilter dapat digunakan untuk mereduksi beban BOD yang cukup tinggi pada air limbah dan dapat pula menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik (Wijeyekoon *et al.*, 2000).

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Pada biofilter aerobik, terdapat suplai oksigen untuk proses aerasi yang dapat diperoleh dengan mengalirkan udara melalui pipa yang dapat diperoleh melalui pipa yang berasal dari *blower*.

Biofilter yang baik adalah menggunakan prinsip biofiltrasi yang memiliki struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu biofilter. Adapun fungsi dari media penyangga yaitu sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri yang akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis (biofilm) (Herlambang dan Marsidi, 2003). kriteria desain biofilter.dapat dilihat pada Tabel 2. 7.

Tabel 2. 7 Kriteria Desain untuk Biofilter Aerobik

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	<i>Organic loading rate</i> (OLR)	BOD/m ³ .hari	0,5-4
2	<i>Hydraulic loading rate</i> (HLR)	m ³ /m ² .jam	1-5
3	Waktu tinggal (td)	jam	6-8

Sumber: Said (2002)

Persamaan Perhitungan desain *aerobic biofilter* dapat dilihat pada langkah-langkah sebagai berikut :

➤ *Organic Loading Rate (OLR)*

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), penentuan OLR pada air limbah dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$OLR = \frac{Q \times S_o}{V} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

OLR : *Organic loading rate* (kg/m³.hari)

Q : Debit influen (m³/hari)

So : Influen BOD₅ (mg/L)

V : Volume media biofilter (m³)

➤ Waktu Detensi

Waktu detensi merupakan waktu tinggal air limbah di dalam reaktor dengan satuan waktu. Pada pengolahan air limbah menurut Metcalf dan Eddy (2003), dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$td = \frac{V}{Q} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

td : Waktu detensi (hari)

Q : Debit influen (m³/hari)

V : Volume biofilter (m³)

➤ *Hydraulic Loading Rate (HLR)*

Pada pengolahan air limbah menurut Metcalf dan Eddy (2003), dapat dihitung HLR berdasarkan rumus berikut:

$$HLR = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana:

HLR : *Hydraulic Loading Rate* (m³/m².hari)

Q : Debit influen (m³/hari)

A : Luas permukaan reaktor (m²)

➤ Produksi Lumpur

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), produksi lumpur dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$Px = \frac{Y_{obs} \times Q \times (So - Se)}{1000} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana:

Px : Produksi lumpur (kg/hari)

So : Konsentrasi influen BOD₅ (mg/L)

Se : Konsentrasi efluen BOD₅ (mg/L)

Q : Debit influen (m³/hari)

Yobs : Koefisien *yield* observasi

➤ Kebutuhan Oksigen

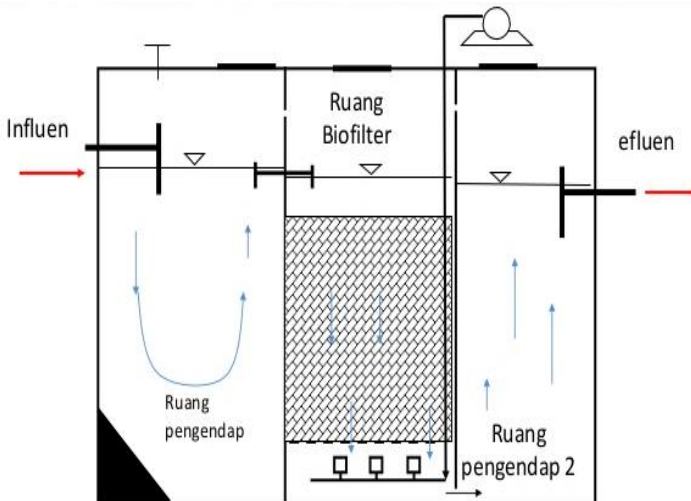
Dalam mendegradasi polutan, mikroorganisme membutuhkan oksigen terlarut yang menurut Metcalf dan Eddy (2003), dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$kg\ O_2 = \frac{Q \times (S_o - S_e)}{1000 \times f} - 1,42 P_x \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

- P_x : Produksi lumpur (kg/hari)
- S_o : Konsentrasi influen BOD₅ (mg/L)
- S_e : Konsentrasi efluen BOD₅ (mg/L)
- Q : Debit influen (m³/hari)
- f : Faktor konversi BOD₅ ke BOD *ultimate* (0,68)

ilustrasi *aerobic biofilter* dapat dilihat pada Gambar 2. 9.



Gambar 2. 9 aerobic biofilter

Sumber : Tilley et al, 2008

2.10. Headloss pada IPAL

Penurunan muka air disebabkan oleh beberapa hal, antara lain tekanan akibat aliran di dalam pipa, aliran di *baffled channel* dan media filter (Zainudin *et al.*, 2012).

Aliran air di dalam pipa

Headloss akibat gesekan aliran pada sistem aliran dengan luas penampang konstan ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2. 20)$$

$$f = 64/NRe \dots\dots\dots (2. 21)$$

$$Re = \frac{v \times D}{\vartheta} \dots\dots\dots (2. 22)$$

Dimana:

- H_f : *headloss mayor* (m)
- L : panjang bangunan (m)
- D : diameter pipa (m)
- v : kecepatan aliran (m/det)
- g : percepatan gravitasi (m/det²)
- f : faktor gesek
- Re : bilangan reynold
- ϑ : viskositas kinematis (m²/det)

Aliran air di baffled channel

Pada aliran air di *baffled channel* berlaku persamaan berikut:

$$H_f = K \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2. 23)$$

Dimana :

- K : Koefisien kekasaran *darcy - weisbach*
- v^2 : kecepatan aliran air (m/det)
- g : percepatan gravitasi (m/det²)

aliran air di media berbutir

kehilangan tekanan dalam media filter sarang tawon ditentukan berdasarkan **persamaan Rose** sebagai berikut:

$$H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g} \dots\dots\dots (2. 24)$$

$$N_{Re} = \frac{\Psi \rho d v}{\mu} \dots\dots\dots (2. 25)$$

Untuk $N_{Re} < 1$: $C_D = \frac{24}{N_{Re}}$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } 1 < N_{Re} < 10^4 & : C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34 \\ \text{Untuk } N_{Re} > 10^4 & : C_D = 0,4 \end{aligned}$$

Dimana:

- L : kedalaman filter (m)
- e : porositas media
- v : kecepatan filtrasi (m/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s^2)
- d : ukuran rongga media (m)
- ψ : faktor bentuk
- μ : viskositas dinamis (kg/m.s)
- ρ : massa jenis (kg/m^3)

2.11. Kelayakan Investasi

Gittinger (2008) mendefinisikan investasi sebagai suatu kegiatan yang mengeluarkan uang / biaya-biaya dengan harapan akan memperoleh hasil dan yang secara logika merupakan wadah untuk melakukan kegiatan-kegiatan perencanaan, pembiayaan, dan pelaksanaan dalam suatu unit. Investasi dapat dilihat sebagai satu kesatuan ruang / tempat dan waktu, masing-masing dengan nilai ekonomi, finansial dan dampak sosial yang tergabung dalam satu kesatuan. Pemilihan investasi sebagian didasarkan kepada indikator - indikator nilai - nilai biaya dan hasil - hasilnya. Kegiatan investasi dapat berbentuk investasi baru atau perluasan ataupun perbaikan dari investasi yang sudah ada. Suatu investasi dapat dilaksanakan oleh instansi pemerintah, badan-badan swasta atau organisasi organisasi sosial maupun perorangan. Dalam menganalisis kelayakan suatu investasi, terdapat dua pendekatan yaitu analisis finansial dan analisis ekonomi. Analisis finansial meninjau dari sudut peserta investasi secara individu, sedangkan analisis ekonomi dari sudut masyarakat.

2.11.1 Analisis Finansial dan Ekonomi

Analisis finansial dilakukan untuk kepentingan individu atau Lembaga yang menanamkan modalnya dalam proyek tersebut, misalnya petani, wiraswastawan atau perusahaan (Pramudya dan Dewi, 1992). Untuk menilai kelayakan secara

finansial suatu proyek atau membuat peringkat (rangking) beberapa proyek yang harus dipilih, dapat digunakan beberapa kriteria antara lain *Net Present Value* (NPV), *Net B/C*, dan *Internal Rate of Return* (IRR).

Analisis ekonomi merupakan analisis investasi yang dipandang dari sudut pandang ekonomi nasional bukan hanya dari sudut pandang perusahaan. Dengan analisis ekonomi diharapkan analisis investasi bisa menilai apakah suatu investasi memang tidak akan membebani perekonomian nasional. Mungkin saja suatu investasi dinilai menguntungkan apabila dipandang dari sisi perusahaan (yaitu diharapkan memberikan NPV positif), tetapi sebenarnya membebani perekonomian nasional. Analisis ekonomi dilakukan dengan alasan karena adanya ketidaksempurnaan pasar, adanya pajak dan subsidi, dan berlakunya konsep *consumers surplus* dan *producers surplus* (Husnan dan Suwarsono, 1994). Analisis ekonomi investasi membutuhkan pengetahuan mengenai apakah suatu investasi yang diusulkan akan memberikan kontribusi nyata dan besar terhadap pengembangan perekonomian seluruhnya dalam penggunaan sumberdaya yang dibutuhkan selama investasi tersebut berjalan. Sudut pandang yang diambil dalam analisis ekonomi ini adalah masyarakat secara keseluruhan (Gittinger, 2008).

2.11.2 Kriteria Kelayakan Investasi

Menurut Kadariah (2001), dalam analisis investasi ada beberapa kriteria yang sering digunakan untuk menentukan diterima-tidaknya suatu usulan investasi atau untuk menentukan pilihan antara berbagai macam usulan proyek. Dalam semua kriteria itu baik manfaat maupun biaya dinyatakan dalam nilai sekarangnya. Kriteria tersebut adalah:

- 1) *Net Present Value* (NPV);
- 2) *Net B/C*

NPV merupakan selisih dari investasi sekarang dengan nilai penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Rumus perhitungan NPV adalah sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana:

B_t = keuntungan pada tahun ke $-t$ (Rp)
 C_t = biaya pada tahun ke $-t$ (Rp)
 i = tingkat suku bunga (%)
 t = periode investasi ($t = 0, 1, 2, \dots, n$)
 n = umur teknis proyek (tahun)

Net B/C merupakan angka perbandingan antara jumlah present value yang bernilai negatif (modal investasi). Perhitungan net B/C dilakukan untuk melihat berapa kali lipat manfaat yang diperoleh dari biaya yang dikeluarkan. Rumus perhitungan Net B/C adalah sebagai berikut:

$$Net\ B/C = \sum_{t=0}^n \frac{PV\ Positif}{PV\ Negatif} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana:

$Net\ B/C$ = Besar manfaat dari proyek
 $PV\ Positif$ = Present Value bernilai positif (Rp)
 $PV\ Negatif$ = Present Value bernilai negatif (Rp)

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

3.1 Gambaran Umum Wilayah

3.1.1 Kondisi Geografis dan Administratif

Kecamatan Guguk Panjang memiliki luas daerah 6.873 km². Posisi geografis 100° 22' 49" BT dan 0° 18' 40" LS. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2017), Kecamatan Guguk Panjang terdiri dari 7 wilayah kelurahan yakni Bukit Apit Puhun, Bukit Cangang Kayu Ramang, Tarok Dipo, Pakan Kurai, Aur Tajungkang, Tengah Sawah, Benteng Pasar Atas dan Kayu Kubu. Peta wilayah perencanaan dapat dilihat pada Lampiran Gambar PT-01 halaman 1 dan halaman 2. Batas geografis Kecamatan Guguk Panjang yaitu:

- Sebelah Utara: Kecamatan Mandiangin Koto Selayan
- Sebelah Selatan : Kecamatan Aur Birugo Tigo Baleh
- Sebelah Barat : Kecamatan IV Koto Agam
- Sebelah Timur : Kecamatan Mandiangin Koto Selayan dan Kecamatan Aur Birugo Tigo Baleh

Peta batas Geografis dan Administratif Kecamatan Guguk Panjang dapat dilihat pada Lampiran Gambar Tugas Akhir PT-01 halaman 1 dan 2.

3.1.2 Permeabilitas dan Tinggi Muka Tanah

Berdasarkan Masterplan air limbah Kota Bukittinggi (2012), hasil tes perlokasi yang dilaksanakan di 6 titik di Kecamatan Guguk Panjang adalah kapasitas peresapan air : 31,58 – 41,82 l/m²/jam dengan tinggi muka air tanah 7 meter.

3.1.3 Jumlah Penduduk

Laju pertumbuhan penduduk Kecamatan Guguk Panjang meningkat sebesar 1,71 persen per tahun dengan kepadatan penduduk adalah 6.993 jiwa/ hektar. (BPS, 2017). Jumlah penduduk pada Kecamatan Guguk Panjang pada 10 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 3. 1

Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk Kecamatan Guguk Panjang

No	Kecamatan/ Kelurahan	Tahun									
		2007 (jiwa)	2008 (jiwa)	2009 (jiwa)	2010 (jiwa)	2011 (jiwa)	2012 (jiwa)	2013 (jiwa)	2014 (jiwa)	2015 (jiwa)	2016 (jiwa)
	Guguk Panjang	38454	38827	39135	39439	41643	42254	42627	43457	44277	45061
1	Bukit Cangang Kayu Ramang	2507	2516	2524	2530	2344	2347	2368	2407	2452	2493
2	Tarok Dipo	14458	14624	14765	14908	16627	17006	17156	17450	17779	18031
3	Pakan Kurai	5437	5491	5537	5583	6016	6108	6162	6369	6489	6604
4	Aur Tajungkang Tengah Sawah	7017	7083	7139	7195	7247	7288	7352	7480	7621	7755
5	Benteng Pasar Atas	1321	1325	1329	1332	1250	1241	1251	1271	1296	1387
6	Kayu Kubu	3887	3917	3943	3966	3512	3513	3545	3606	3674	3740
7	Bukit Apit Puhun	3837	3871	3898	3925	4647	4751	4793	4874	4966	5051

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2008 – 2017

3.2 Hasil Survei Masyarakat

3.2.1 Hasil Survei Kecamatan Guguk Panjang

Responden masyarakat adalah warga di Kecamatan Guguk Panjang yang tersebar dalam 7 kelurahan dan instansi terkait. jumlah responden di Kecamatan Guguk Panjang dapat dilihat pada Tabel 4.1 pada BAB IV Metode Penelitian.

3.2.4.1 Kondisi Sarana Air Limbah

Kepemilikan jamban pribadi masyarakat Guguk Panjang dapat dilihat pada Tabel 3. 2.

Tabel 3. 2 Kepemilikan jamban pribadi

Kepemilikan Jamban Pribadi	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
Ada	24	96
Tidak ada	1	4
Jumlah	25	100

Sumber: hasil pengolahan kuisioner masyarakat

Berdasarkan hasil survey, jamban pribadi sudah dimiliki 96% masyarakat dan 4% masyarakat belum memiliki jamban pribadi. Jenis jamban yang dipergunakan masyarakat dapat dilihat pada Tabel 3. 3.

Tabel 3. 3 Jenis jamban pribadi

Jenis jamban pribadi	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
Leher angsa	21	87,5
cubluk	3	12,5
jumlah	24	100

Sumber: hasil pengolahan kuisioner masyarakat

Berdasarkan hasil survey, 87,5% menggunakan leher angsa dan 12,5% menggunakan cubluk. Sistem pengolahan air limbah dalam hal ini tinja (*black water*), menggunakan tangki septik. Kepemilikan tangki septik dapat dilihat pada Tabel 3. 4.

Tabel 3. 4 Kepemilikan tangki septik

Kepemilikan tangki septik	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
ada	20	83,3

Kepemilikan tangki septik	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
Tidak ada	4	16,7
Total	24	100

Sumber: hasil pengolahan kuisioner masyarakat

Berdasarkan hasil survey, 83,3% menggunakan tangki septik dan 16,7% langsung dibuang ke badan air. Waktu pengurasan tangki septik dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Waktu pengurasan tangki septik

Waktu pengurasan	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
1 – 3 tahun	5	23,8
3 – 5 tahun	4	28,6
5 – 10 tahun	1	4,8
Tidak pernah	9	42,9
Total	21	100

Sumber: hasil pengolahan kuisioner masyarakat

Berdasarkan hasil survey, 42,9% masyarakat tidak pernah menguras tangki septik, 28,6% menguras tangki septik selama 3 – 5 tahun sekali, 23,8% menguras tangki septik selama 5 – 10 tahun sekali.

Berdasarkan data dari Dinas Kesehatan Kota Bukittinggi (2017), Hasil pemeriksaan total *coliform* pada 22 titik sampel pada sumur bor rumah masyarakat Kecamatan Guguk Panjang adalah 54 – 2.400 koloni/ 100 mL sampel. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tangki septik tidak kedap air dan mencemari air tanah di Kecamatan Guguk Panjang.

Cara penanganan air bekas mandi, cuci dan dapur (MCK) dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Cara penanganan air bekas MCK

Cara penanganan	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
Diresapkan ke tanah	3	12,5
Dialirkan ke selokan terbuka	8	33,3
Dialirkan ke selokan tertutup	13	54,2

Cara penanganan	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
Total	25	100

Sumber: hasil pengolahan kuisioner masyarakat

Berdasarkan hasil survey, 54,2% masyarakat telah mengalirkan air bekas MCK ke selokan tertutup, 33,3% masyarakat mengalirkan air bekas MCK ke selokan terbuka dan 12,5% masyarakat masih meresapkannya ke tanah.

3.2.4.2 Willingness to pay untuk Keberlanjutan IPAL

Keberlanjutan IPAL dapat dijaga dengan cara perawatan secara rutin sehingga IPAL dapat memberikan manfaat secara berkelanjutan. Biaya operasional dan perawatan IPAL didapatkan dari iuran rutin masyarakat tiap bulan. Kesiediaan responden dalam membayar iuran dapat dilihat pada Tabel 3. 7.

Tabel 3. 7 kesiediaan masyarakat membayar iuran

Kesiediaan responden	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
Bersedia	19	76
Netral	3	12
Tidak bersedia	3	12
Total	25	100

Sumber: hasil pengolahan kuisioner masyarakat

Berdasarkan survey, 76% responden bersedia membayar iuran, 12% netral, dan 12% tidak bersedia membayar iuran keberlanjutan IPAL.

Besar nilai yang bersedia dibayarkan tiap responden bervariasi mulai dari < Rp. 1 ribu sampai >Rp. 4 ribu tiap bulan. Kemampuan masyarakat membayar retribusi dapat dilihat pada Tabel 3. 8.

Tabel 3. 8 Kemampuan masyarakat membayar iuran

Kemampuan responden	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
< Rp. 1 ribu/ bulan	1	4
Rp. 1 ribu – 2 ribu/ bulan	1	4
Rp. 2 ribu – 3 ribu/ bulan	3	12
Rp. 3 ribu – 4 ribu/ bulan	15	60

Kemampuan responden	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
bulan		
Rp. > 4 ribu/ bulan	5	20
Total	25	100

Sumber: hasil pengolahan kuisioner masyarakat

Berdasarkan hasil survei, kemampuan masyarakat berada pada rentang Rp. 3 ribu – 4 ribu/ bulan.

3.2.2 Hasil Survei Kelurahan Belakang Balok

Berdasarkan data dari Kementerian Dinas Pekerjaan Umum (2017), Kota Bukittinggi telah memiliki satu IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) komunal di Kelurahan Belakang Balok. IPAL di Kelurahan Belakang Balok dapat dilihat pada Gambar 3. 1.



Gambar 3. 1 IPAL Belakang Balok

Sumber : Hasil Survei Lapangan

Namun, IPAL ini belum dioperasikan sampai saat ini. Berdasarkan hasil survey dengan 25 responden, penyebab IPAL tidak beroperasi dapat dilihat pada Tabel 3. 9.

Tabel 3. 9 Penyebab IPAL tidak beroperasi

Penyebab IPAL tidak beroperasi	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
Belum ada pengurus	3	12
Belum ada sosialisas	6	24
Lainnya: tidak ada	3	12

Penyebab IPAL tidak beroperasi	Jumlah responden (KK)	Persentase (%)
dana, belum ada pipa sambungan rumah menuju IPAL		
Tidak tahu penyebabnya	12	52
Total	13	100

Sumber: hasil pengolahan kuisioner masyarakat

Berdasarkan, hasil survei 52 persen masyarakat tidak tahu penyebab IPAL tidak beroperasi. Berdasarkan survei dengan bapak Syahril selaku ketua RT 3 menjelaskan bahwa masyarakat tidak tahu dikarenakan kurangnya sosialisasi pembangunan IPAL di Kelurahan Belakang Balok.

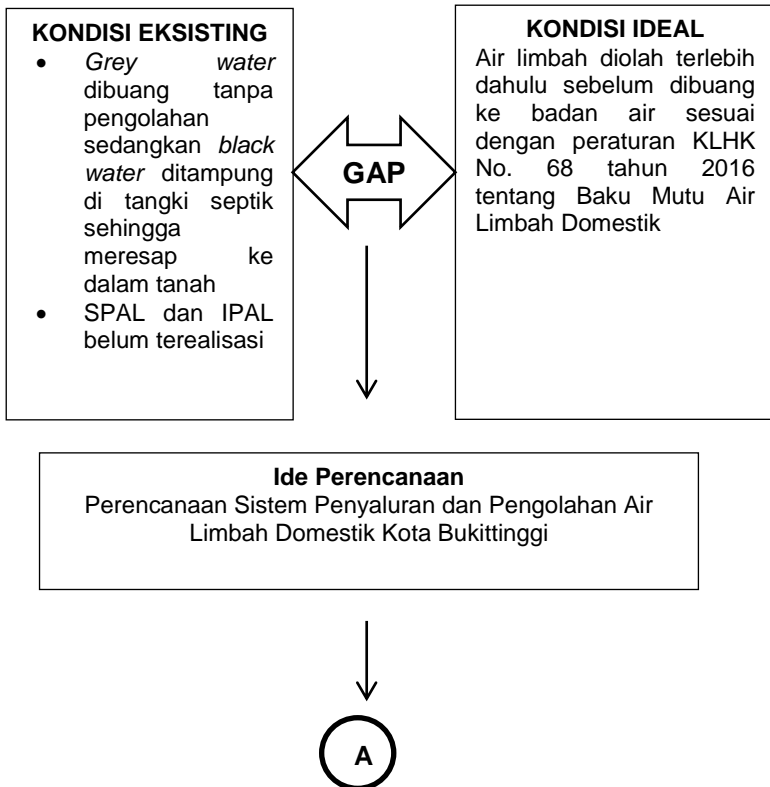
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

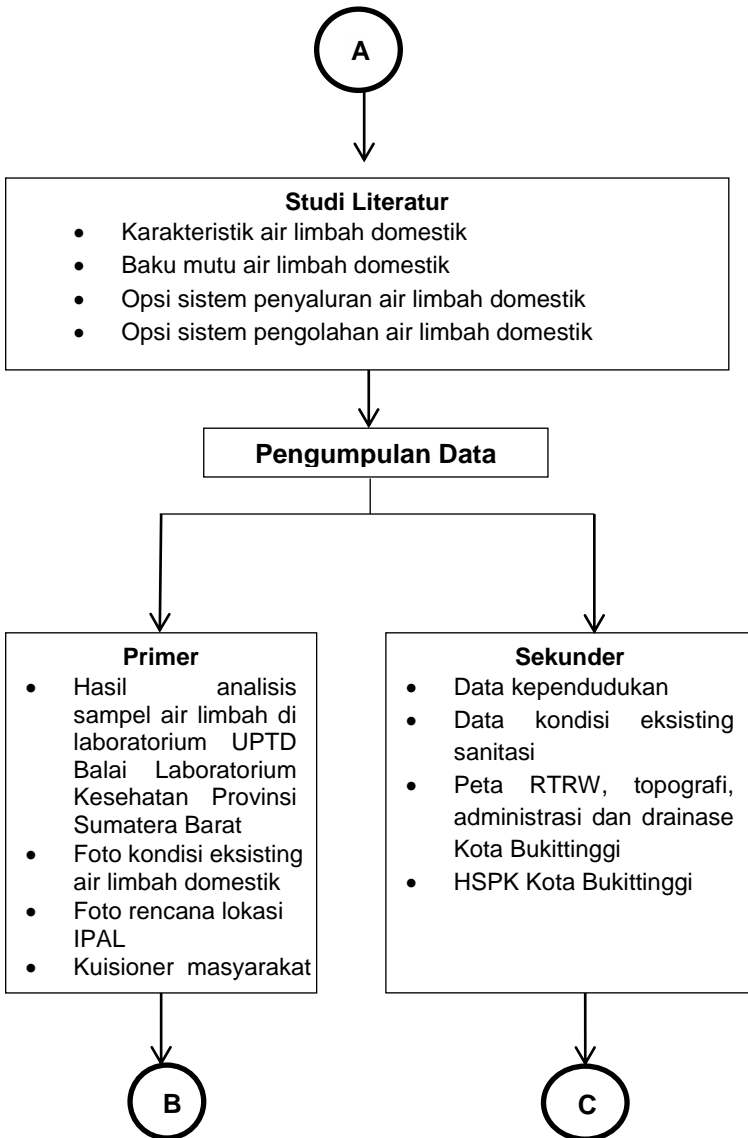
BAB IV

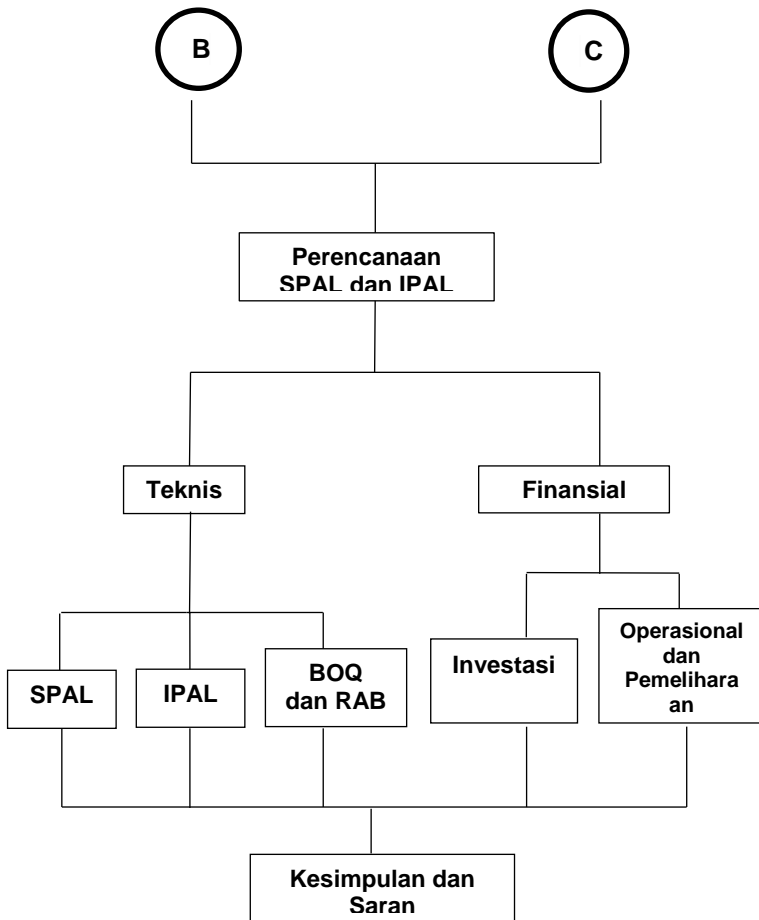
Metode Perencanaan

4.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan gambaran awal mengenai alur perencanaan. Penyusunan kerangka perencanaan yang jelas dan sistematis dapat mempermudah dalam proses pelaksanaan perencanaan. Kerangka perencanaan ini berisi tahapan yang dilakukan dalam perencanaan dari awal hingga akhir. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4. 1.







Gambar 4. 1 Diagram Kerangka Perencanaan

4.2 Ide Perencanaan dan Identifikasi Masalah

Ide perencanaan didapatkan dari kondisi eksisting di Kecamatan Guguk Panjang. Kondisi eksisting di Kecamatan Guguk panjang tercatat 6.178 KK yang masih membuang limbah domestik ke saluran drainase tanpa adanya pengolahan. Kondisi idealnya adalah saluran drainase harus bebas dari limbah domestik. Limbah *black water* diolah dengan tangki septik.

Permintaan pengurasan tangki septik dalam satu hari hanya satu kali dengan kapasitas tangki 2000 L. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tangki septik banyak yang tidak kedap air sehingga mencemari air tanah sekitar. Total *Coliform* yang terdapat pada Kecamatan Guguk Panjang adalah > 50 koloni/100 mL (Dinas Kesehatan Kota Bukittinggi, 2017). Permasalahan ini berakibat pada sumber air bersih yang mengandung berbagai penyakit yang membahayakan kesehatan manusia dan penurunan kualitas air (Sapei *et al.*, 2011). Berdasarkan data Profil Kesehatan Kota Bukittinggi (2016) tercatat 596 orang terkena diare. Dengan adanya perencanaan ini, diharapkan dapat mengurangi permasalahan kualitas air sungai dan meningkatkan taraf kesehatan masyarakat Kecamatan Guguk Panjang.

4.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan teori yang menjadi dasar yang dapat mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Sumber yang digunakan dalam studi literatur dapat diperoleh dari buku, jurnal, makalah seminar, skripsi, thesis dan sumber lain yang dapat dipertanggungjawabkan isinya. Dalam perencanaan ini, literatur yang dikaji meliputi pengetahuan dasar tentang air limbah domestik, baku mutu air limbah domestik, perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik, perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik, analisis biaya investasi, biaya operasional dan biaya pemeliharaan sistem penyaluran air limbah (SPAL) dan instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

4.4 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam perencanaan ini meliputi data primer dan data sekunder. Adapun data primer yang dibutuhkan adalah kualitas dan kuantitas air limbah dan survey lapangan di Kecamatan Guguk Panjang. Data kuantitas air limbah didapatkan dari meter air pelanggan PDAM selama tiga bulan terakhir. Data kualitas air limbah didapatkan melalui uji kualitas air limbah yang disampling di beberapa rumah penduduk secara acak dan dianalisis di UPTD balai laboratorium kesehatan Provinsi Sumatera Barat. Survey lapangan dilakukan diantaranya adalah survey lahan kosong untuk IPAL dan kuisisioner ke masyarakat dan tokoh masyarakat di Kecamatan Guguk Panjang

untuk mengetahui tingkat pemahaman masyarakat tentang air limbah domestik. Adapun langkah analisis labolatorium adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel menggunakan contoh gabungan tempat. Pengambilan sampel air limbah (*grey water*) dilakukan di dua titik yang berbeda pada waktu yang sama. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada saat jam puncak, yaitu pukul 09.00 WIB. Sampel diambil pada saluran drainase saluran pembuangan air limbah setelah menerima air limbah (*downstream*). Titik 1 berada di Jl. Gurun Panjang Kelurahan Pakan Kuraii dengan koordinat :0°18'18.30"S dan 100°22'37.99"E. titik 2 berada di Jl. Umar Gafar, Kelurahan Aur Tajungkang Tengah Sawah dengan koordinat : 0°18'19.78"S dan 100°22'31.35"E.
2. Jumlah sampel air yang dibutuhkan adalah sebanyak 2 buah untuk *grey water* dan 1 buah untuk *black water* menggunakan jirigen 5 L.
3. Analisis sampel dianalisis oleh laboran di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat.

. Data primer yang diambil adalah menggunakan kuisisioner. Kuisisioner adalah pertanyaan – pertanyaan tertulis yang digunakan untuk memperoleh informasi dari responden. Metode kuisisioner ini dilakukan dengan cara penyebaran kuisisioner kepada responden disertai wawancara langsung dengan responden. Penyebaran kuisisioner dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman masyarakat mengenai air limbah. penyebaran kuisisioner dilakukan di Kelurahan Belakang Balok dan Kecamatan Guguk Panjang. Kelurahan Belakang balok telah memiliki 1 IPAL namun belum berfungsi sampai saat ini. Tujuan penyebaran kuisisioner ke masyarakat di Kelurahan Belakang Balok adalah untuk mengetahui penyebab belum berfungsinya IPAL sehingga dapat menjadi pedoman dalam membangun IPAL baru di Kecamatan Guguk Panjang. Metode pengambilan sampel adalah menggunakan *stratified random sampling*. Jumlah sampel ditentukan dengan menggunakan rumus slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Dimana:

N = jumlah populasi

n = jumlah sampel

e = batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

Batas toleransi kesalahan pada penyebaran kuisioner ini adalah 20%. Hal ini dikarenakan keterbatasan waktu dalam penyebaran kuisioner dan wawancara ke masyarakat. Jumlah responden kuisioner yang dibutuhkan di Kelurahan Belakang Balok adalah 25 kepala keluarga dan Kecamatan Guguk Panjang adalah 23 kepala keluarga. Total responden adalah berjumlah 48 kepala keluarga.

Pengambilan responden kuisioner di Kecamatan Guguk Panjang selanjutnya dibagi berdasarkan kelurahan menggunakan *proportionate stratified random sampling* dengan rumus:

$$s = \frac{x}{y} \cdot n$$

Dimana:

s = jumlah sampel tiap kelurahan

x = jumlah populasi kelurahan

y = jumlah populasi kecamatan

n = jumlah sampel dari rumus slovin

Jumlah responden di Kecamatan Guguk Panjang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Jumlah responden di Kecamatan Guguk Panjang

Kecamatan Guguk Panjang		
no	Kelurahan	Jumlah responden (per KK)
1	Bukit Cangang Kayu Ramang	2
2	Tarok Dipo	9
3	Pakan Kurai	3
4	Aur Tajungkang Tengah Sawah	4
5	Benteng Pasar Atas	3
6	Kayu Kubu	2
7	Bukit Apit Puhun	2
	Total	25

Wawancara adalah proses memperoleh keterangan/ informasi untuk tujuan perencanaan dengan cara tanya jawab langsung antara penulis dengan informan. Wawancara dilakukan kepada tokoh masyarakat, kelompok swadaya masyarakat, dinas kesehatan kota, dinas lingkungan hidup, dinas pekerjaan umum dan badan perencanaan pembangunan daerah Kota Bukittinggi. Jumlah informan tidak dibatasi tergantung perkembangan informasi yang didapat oleh penulis dari wawancara yang dilakukan.

Data sekunder yang dibutuhkan dalam perencanaan ini meliputi:

1. Data dan informasi monografi
2. Merupakan data kependudukan dan informasi umum mengenai Kecamatan Guguk Panjang. Data ini didapatkan Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi.
3. Data dan informasi sanitasi
Merupakan data kondisi eksisting fasilitas sanitasi dan kesehatan masyarakat. Data ini didapatkan dari Instansi Pemerintah Dinas Kesehatan Kota Bukittinggi. Masterplan Kota Bukittinggi didapatkan di Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Bukittinggi.
4. Data dan peta administrasi
Data ini didapatkan dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Bukittinggi.
5. Data dan peta topografi
Data ini didapatkan dari instansi pemerintah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Bukittinggi.
6. Data dan peta rencana tata ruang wilayah
Data ini didapatkan pada instansi pemerintah Dinas Cipta Karya dan Penataan Ruang Kota Bukittinggi.
7. Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Bukittinggi.

4.5 Perencanaan SPAL dan IPAL

Perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah dilakukan setelah mendapatkan data yang dibutuhkan

baik data primer maupun data sekunder. Perencanaan ini berfokus pada pembangunan teknologi sanitasi berupa instalasi pengolahan air limbah domestik. Perencanaan ini meliputi aspek teknis dan aspek biaya. Aspek teknis menjelaskan tentang pemilihan sistem penyaluran air limbah, pemilihan sistem pengolahan air limbah dan *bill of quantity* (BOQ) dan rancangan anggaran biaya (RAB) yang disesuaikan dengan harga satuan pokok kegiatan (HSPK) Kota Bukittinggi tahun 2017. Aspek finansial meliputi biaya investasi untuk pembangunan, operasional dan pemeliharaan SPAL dan IPAL

4.5.1 Aspek Teknis

Adapun langkah perencanaan aspek teknis ini meliputi:

1. Proyeksi penduduk dan fasilitas umum selama 10 tahun perencanaan
2. Penentuan daerah pelayanan (*service area*)
3. Menghitung kebutuhan air bersih berdasarkan meter air pelanggan PDAM
4. Menghitung kebutuhan air limbah
5. Perencanaan SPAL
6. Perencanaan IPAL
7. Menentukan dimensi unit IPAL
8. Menentukan lokasi IPAL
9. Menghitung profil hidrolis
10. Menghitung BOQ dan RAB SPAL dan IPAL

4.5.2 Aspek Finansial

Adapun langkah perencanaan aspek finansial meliputi:

1. Menghitung biaya investasi pembangunan SPAL dan IPAL menggunakan NPV (*Net Present Value*)
2. Menghitung biaya operasional dan pemeliharaan SPAL dan IPAL berdasarkan petunjuk teknis dinas Pekerjaan Umum

4.6 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil perencanaan dihasilkan data yang nantinya akan menjawab tujuan perencanaan, serta dapat disimpulkan kelebihan dari perencanaan ini. Kesimpulan yang

didapat adalah mendesain SPAL dan IPAL dan mendapatkan nilai BOQ dan RAB dari perencanaan ini sehingga dapat menentukan biaya investasi, biaya operasional dan pemeliharaan dari SPAL dan IPAL. Kesimpulan diharapkan dapat menjadi referensi perencanaan air limbah untuk Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5. 1 Periode perencanaan

Periode perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah adalah 10 tahun yaitu dimulai tahun 2016 hingga tahun 2025. Hasil analisis proyeksi penduduk dapat dilihat pada Lampiran 1. Pembangunan IPAL komunal dimulai pada tahun 2019. Perencanaan ini melayani seluruh penduduk di Kecamatan Guguk Panjang.

5. 2 Sistem Penyaluran Air Limbah

5.2.1 Pemilihan Sistem Penyaluran Air Limbah

Pemilihan SPAL dilaksanakan dengan mempertimbangkan aspek teknis berupa kepadatan penduduk, kedalaman muka air tanah, kemiringan tanah, permeabilitas tanah dan kemampuan pembiayaan. Faktor pemilihan jenis SPAL mengacu pada Tabel 2. 2.

Berdasarkan faktor – faktor tersebut kemudian dilakukan analisis pemilihan sistem penyaluran air limbah. Hasil analisis pemilihan sistem penyaluran air limbah dapat dilihat pada Tabel 5. 1.

Tabel 5. 1 Pemilihan SPAL

Parameter yang menjadi Pertimbangan	Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik	
	<i>Off site system</i>	<i>On site system</i>
Kepadatan penduduk	Mendukung	Tidak mendukung
Ketersediaan sumber air	mendukung	Mendukung
Permeabilitas tanah	Mendukung	Tidak mendukung
Kedalaman muka air tanah	Mendukung	Tidak mendukung
Kemiringan tanah	Mendukung	Tidak mendukung
Kemampuan membiayai	Mendukung	Tidak mendukung

Berdasarkan Tabel 5. 1, kondisi di Kecamatan Guguk Panjang adalah:

- 1) Kepadatan penduduk : 699.300 jiwa/hektar
- 2) Pemakaian air bersih rata- rata : 100,63 L/detik
- 3) Permeabilitas tanah : 31,58 – 41,82 l/m²/jam
- 4) Tinggi muka air tanah 7 meter
- 5) Kemiringan tanah : >2%
- 6) Kemampuan membiayai : mendukung (3ribu – 4 ribu/bulan)

Berdasarkan Tabel 5. 1 dipilih *off – site system* sebagai sistem penyaluran air limbah di Kecamatan Guguk Panjang. Selanjutnya, dilakukan pemilihan *sewerage system* dengan mempertimbangkan kepadatan penduduk, peruntukkan kawasan, kedalaman penggalian dan kepemilikan tangki septik. Faktor pemilihan *sewerage system* dapat dilihat pada Tabel 5. 2.

Tabel 5. 2 Faktor pemilihan *off – site system*

Parameter yang menjadi Pertimbangan	sewerage system		
	<i>Conventional sewerage</i>	<i>Shallow sewer</i>	<i>Solid free sewerage</i>
Kepadatan Peruntukkan kawasan	>300 jiwa/ha Permukiman padat dan area perdagangan	>150 jiwa/ha Perumahan dengan lahan terbatas	>200 jiwa/ha Perumahan permanen dan teratur
Kedalaman penggalian	<7 meter	<1,5 meter	<7 meter
Kepemilikan tangki septik	Tidak diharuskan	Tidak diharuskan	diharuskan

Sumber : Dinas PU, 2017

Kondisi di Kecamatan Guguk Panjang adalah:

- 1) Kepadatan penduduk : 6993 jiwa/hektar
- 2) Kawasan perdagangan dan permukiman padat penduduk
- 3) Kedalaman penggalian : 1,5 meter – 6 meter
- 4) Kepemilikan tangki septik : 83,3%

Berdasarkan Tabel 5. 2, dipilih *conventional sewerage* dalam menyalurkan limbah domestik di Kecamatan Guguk Panjang.

5.2.2 Debit Air Limbah Rata – Rata Kecamatan

Perhitungan debit air limbah diperoleh setelah mengetahui rata-rata penggunaan air bersih yang diketahui melalui data meter air pelanggan. Metode yang digunakan adalah dengan melihat data air terjual karena pelanggan membayar sesuai dengan debit yang mereka gunakan kemudian dibagi dengan jumlah pelanggan sehingga diperoleh data penggunaan air bersih setiap KK (Kepala Keluarga) Data penggunaan air bersih dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini.

Diketahui :

Meter Air Pelanggan PDAM

Debit tiap bulan = 6.000 L/KK.Bulan

1 bulan = 30 Hari

Debit tiap hari = $\frac{6.000 \frac{L}{kk.bulan}}{30 \text{ hari/bulan}}$
= 200 L/KK.Hari

1 KK = 4 orang

Jadi, Kebutuhan air bersih tiap orang adalah:

Kebutuhan air bersih = $\frac{200 \text{ L/KK.Hari}}{4 \text{ orang/KK}}$
= 50 L/orang.hari

Kelurahan Bukik Cangang Kayu Ramang memiliki jumlah penduduk 2.865 orang. Jadi, kebutuhan air bersih Kelurahan Bukik Cangang Kayu Ramang adalah:

Kebutuhan air bersih = 50 L/orang.hari x 2.865 orang
= 143.230 L/hari

Kebutuhan air bersih fasilitas umum adalah 15% air bersih (Permen PU, 2007).

Diketahui:

Kebutuhan air bersih = 6.000 L/hari

Kebutuhan air bersih fasum = 15% x 6.000 L/hari

Kebutuhan air bersih fasum = 900 L/hari

Kebutuhan air bersih total = kebutuhan air bersih

domestik + kebutuhan air bersih non domestik

= 6.000 + 900

= 6.900 L/hari

Kebutuhan air bersih masing – masing kelurahan dapat dilihat pada Tabel 5. 3.

Tabel 5. 3 Kebutuhan air bersih Kecamatan Guguk Panjang

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (orang)	Kebutuhan Air Bersih Rata-Rata Domestik (L/Hari)	Kebutuhan Air Bersih Rata – Rata Non Domestik (L/Hari)
1	Bukik Cangang Kayu Ramang	2.865	143.230	21.485
2	Tarok Dipo	16.683	834.150	12.5123
3	Pakan Kurai	5.951	297.535	44.630
4	Aur Tajungkang T. Sawah	6.194	309.715	46.457
5	Benteng	1.188	59.405	8.911
6	Pasar Atas Kayu Kubu	3.441	172.035	25.805
7	Bukit Apit Puhun	4.655	232.755	34.913
Total		40.977	2.048.825	307.324

Persentase rata- rata air limbah Kecamatan Guguk Panjang adalah 80% air bersih (Permen PU, 2017). Hal ini dikarenakan 20 % air bersih di Kecamatan Guguk Panjang digunakan untuk keperluan untuk menyiram tanaman, mencuci mobil sehingga air bersihnya terserap langsung menuju tanah dan tidak dialirkan ke saluran air limbah Rumus perhitungan kebutuhan air limbah dapat dilihat pada persamaan 2. 1.Contoh perhitungan kebutuhan air limbah rata- rata masing – masing kelurahan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Diketahui : Kelurahan Bukik Cangang K. Ramang

Q air bersih rata- rata = 164.715 L/hari

Q air limbah rata -rata =164.715 L/hari x 80%

= 131.772 L/hari

Debit air limbah rata- rata masing- masing Kelurahan dapat dilihat pada Tabel 5. 4.

Tabel 5. 4 Debit Air Limbah Kecamatan Guguk Panjang

No.	Kelurahan	Kebutuhan Air Bersih Rata- Rata (L/Hari)	Debit Air Limbah Rata -Rata (L/Hari)
1	Bukik Cangang Kayu Ramang	164.715	131.772
2	Tarok Dipo	959.273	767.418
3	Pakan Kurai	342.165	273.732
4	Aur Tajungkang Tengah Sawah	356.172	284.938
5	Benteng Pasar Atas	68.316	54.653
6	Kayu Kubu	197.840	158.272
7	Bukit Apit Puhun	267.668	214.135
Total		2.356.149	1.884.919

5.2.3 Debit Air Limbah Rata - Rata Tiap Blok

Daerah perencanaan ini memiliki total penduduk 52.913 orang. Karena banyaknya jumlah penduduk yang dilayani, maka wilayah perencanaan dibagi menjadi beberapa blok. Pada perencanaan ini direncanakan terdapat empat blok pelayanan yang melayani Kecamatan Guguk Panjang. Tujuannya adalah untuk mencegah dimensi IPAL yang besar, mengurangi biaya pemompaan karena penanaman pipa yang terlalu dalam. Pembagian blok pelayanan antara lain:

- Blok A melayani 83% penduduk Kelurahan Tarok Dipo, dan 53,54% penduduk Kelurahan Pakan Kurai.
- Blok B melayani 100% penduduk Kelurahan Aur Tajungkang Tengah Sawah, 58,99% penduduk Kelurahan Benteng Pasar Atas dan 46,46% penduduk Kelurahan Pakan Kurai.
- Blok C melayani 90% penduduk Kelurahan Kayu Kubu, 87,78% penduduk Kelurahan Bukit Cangang Kayu Ramang dan 17% penduduk Kelurahan Tarok Dipo.
- Blok D melayani 100% penduduk Kelurahan Bukit Apit Puhun.

Pembagian blok dapat dilihat pada Tabel 5. 3 dan Lampiran Gambar PT-01 halaman 3 - 6.

Tabel 5. 5 Pembagian Blok Pelayanan

Nama Blok	Jumlah Penduduk (Orang)
Blok A	20.812
Blok B	15.303
Blok C	10.061
Blok D	5.652
Total	52.913

Pada blok pelayanan ini akan disalurkan masuk ke pipa sekunder menuju pipa primer. Pembagian pelayanan satu blok direncanakan debitnya hampir sama. Tujuannya agar diameter pipa utama tidak jauh berbeda dimensinya.

Contoh perhitungan debit air limbah tiap Blok dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini.

Diketahui :

Blok A melayani zona 1 A

Blok 1 A melayani Kelurahan Pakan Kurai

Q air limbah rata- rata = 767.418 L/hari

Luas kelurahan = 0,42 Km²

Luas blok = 0,13 Km²

% pelayanan = luas blok / luas kelurahan

% pelayanan = 0,12 / 0,42

= 28,16 %

Q limbah blok = % pelayanan x Q limbah rata-rata

= 28,16 % x 273.732 L/hari

= 77.082,93 L/hari

= 0,00089 m³/detik

Jadi, debit air limbah rata- rata blok 1 A adalah 0,00089 m³/detik. Debit air limbah rata – rata masing – masing blok pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5. 6, Tabel 5. 7, Tabel 5. 8, dan Tabel 5. 9.

Tabel 5. 6 Debit rata – rata Blok A

Blok	Kelurahan yang Dilayani	Luas Kelurahan yang Dilayani Km ²	Luas Blok Km ²	Pelayanan %	Jumlah Penduduk Jiwa	Q Air Limbah Rata - Rata L/hari	Q Air Limbah Rata - Rata m ³ /detik
1A	Pakan Kurai	0,43	0,12	28,16%	2155	77086,884	0,00089
Total Q Blok 1A						77086,884	0,00089
2A	Tarok Dipo	0,86	0,09	10,10%	2035	77540,184	0,00090
Total Q Blok 2A						77540,184	0,00090
3A	Tarok Dipo	0,86	0,11	13,14%	2646	100854,5	0,00117
Total Q Blok 3A						100854,5	0,00117
4A	Tarok Dipo	0,86	0,15	17,65%	3554	135456,16	0,00157
Total Q Blok 4A						135456,16	0,00157
5A	Tarok Dipo	0,86	0,11	13,14%	2646	100854,5	0,00117
Total Q Blok 5A						100854,5	0,00117
6A	Tarok Dipo	0,86	0,16	17,97%	3618	137869,03	0,00160
Total Q Blok 6A						137869,03	0,00160
7A	Pakan Kurai	0,43	0,11	25,38%	1942	69476,076	0,00080
	Tarok Dipo	0,86	0,13	11,00%	2215	84415,98	0,00098
Total Q Blok 7A						153892,06	0,00178
Total Q Blok A						783553,3	0,00907

Tabel 5. 7 Debit rata – rata Blok B

Blok	Kelurahan yang Dilayani	Luas Kelurahan yang dilayani	Luas Blok	Pelayanan	Jumlah Penduduk	Q Air Limbah Rata - Rata	Q Air Limbah Rata-rata
		Km ²	Km ²	%	Jiwa	L/hari	m ³ /detik
1B	Pakan Kurai	0,43	0,14	32,98%	2524	90281,05	0,0010
Total Q Blok 1B						90281,05	0,0010
2B	Benteng Pasar Atas	0,21	0,12	58,99%	957	32241,402	0,0004
	Pakan Kurai	0,43	0,06	13,48%	1031	36888,191	0,0004
	Aur Tajungkang Tengah Sawah	0,34	0,07	19,12%	2063	54479,533	0,0006
Total Q Blok 2B						123609,12	0,0014
3B	Aur Tajungkang Tengah Sawah	0,34	0,14	42,17%	4550	120157,86	0,0014
Total Q Blok 3B						120157,86	0,0014
4B	Aur Tajungkang Tengah Sawah	0,34	0,13	38,71%	4177	110300,4	0,0013
Total Q Blok 4B						110300,4	0,0013
Q Blok Total IPAL B						444348,44	0,0051

Tabel 5. 8 Debit rata - rata Blok C

Blok	Kelurahan yang dilayani	Luas Kelurahan yang dilayani Km ²	Luas Blok Km ²	Pelayanan %	Jumlah Penduduk Jiwa	Q Air Limbah Rata - Rata L/hari	Q Air Limbah Rata-rata m ³ /detik
1C	Bukik Cangang Kayu Ramang	0,40	0,05	12,22%	350	16097,823	0,00019
	Kayu Kubu	0,60	0,34	90%	3773	142444,98	0,00165
	Total Q Blok 1C					158542,8	0,00183
2C	Bukit Cangang Kayu Ramang	0,40	0,35	87,87%	2515	115673,78	0,00134
	Total Q Blok 2C					115673,78	0,00134
3C	Tarok Dipo	0,86	0,14	17%	3423	130427,66	0,00151
	Total Q Blok 3C					130427,66	0,00151
Q Blok Total IPAL C						404644,24	0,00468

Tabel 5. 9 Pembagian Blok D

Blok	Kelurahan yang dilayani	Luas Kelurahan yang dilayani Km2	Luas Blok Km2	Pelayanan %	Jumlah Penduduk Jiwa	Q Air Limbah Rata - Rata L/hari	Q Air Limbah Rata- rata m3/detik
1D	Bukit Apit Puhun	1,36	0,34	25,37%	1434	54321,299	0,00063

		Luas Kelurahan yang dilayani	Luas Blok	Pelayanan	Jumlah Penduduk	Q Air Limbah Rata - Rata	Q Air Limbah Rata- rata
Blok	Kelurahan yang dilayani	Km2	Km2	%	Jiwa	L/hari	m3/detik
		Total Q Blok 1D				54321,299	0,00063
2D	Bukit Apit Puhun	1,36	0,48	35,15%	1987	75264,34	0,00087
		Total Q Blok 2D				75264,34	0,00087
3D	Bukit Apit Puhun	1,36	0,54	39,48%	2232	84548,961	0,00098
		Total Q Blok 3D				84548,961	0,00098
		Q Blok Total IPAL D				214134,6	0,00248

5.2.4 Pembebanan Air Limbah Tiap Blok

Pada perencanaan ini dihitung pembebanan air limbah tiap blok dengan cara menjumlah debit rata-rata tiap blok, debit puncak dan debit minimum pada masing- masing blok pelayanan. Gambar Pembebanan air limbah pada masing – masing blok dilihat pada Lampiran Gambar PT-01 halaman 2 – 5. Berikut contoh perhitungan debit infiltrasi, debit puncak dan debit minimum air limbah pada masing – masing blok pelayanan.

Diketahui:

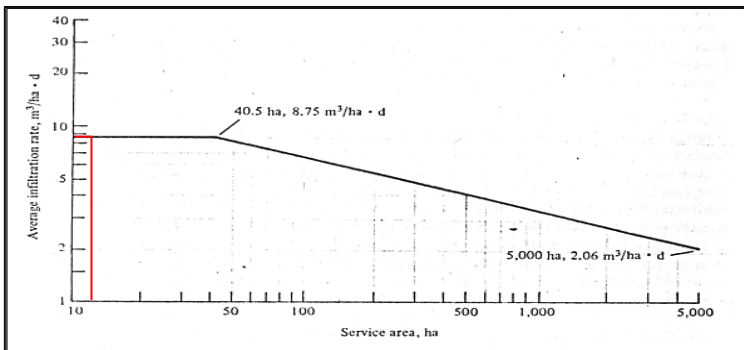
Debit rata-rata limbah Blok 1 A = 77.086,88 L/hari
= 77,1 m³/hari

Luas blok = 0,12 km²
= 12 Ha

Debit infiltrasi = luas blok x *average*

infiltration rate

average infiltration rate didapatkan pada Gambar 5. 1



Gambar 5. 1 *Average infiltration rate allowance*

Sumber : Metcalf and Eddy, 2003

Berdasarkan gambar diatas, didapatkan *average infiltration rate* sebesar 8,75 m³/ha.hari

average infiltration rate = 8,75 m³/ha.hari

Debit Infiltrasi = 12 ha x 8,75 m³/ha.hari

= 105 m³/hari

= 0,0012 m³/detik

$$\begin{aligned}
 \text{Debit rata - rata total} &= \text{debit infiltrasi} + \text{debit rata-rata limbah} \\
 &= 0,0012 \text{ m}^3/\text{det} + 0,00089 \text{ m}^3/\text{det} \\
 &= 0,0021 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan debit rata-rata total air limbah masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, dan Tabel 5.13.

Tabel 5. 10 Debit air limbah rata - rata Blok A

Blok	Luas Area (Ha)	Q Air Limbah Rata- Rata (L/dtk)	F infiltrasi (m ³ /ha.hari)	Q Rata- Rata Infiltrasi (m ³ /dtk)	Q Rata- Rata Total (m ³ /dtk)
1A	12	0,00089	8,75	0,0012	0,0021
2A	9	0,00090	8,75	0,0009	0,0018
3A	11	0,00157	8,75	0,0012	0,0027
4A	15	0,00157	8,75	0,0015	0,0031
5A	11	0,00117	8,75	0,0012	0,0023
6A	16	0,00160	8,75	0,0016	0,0032
7A	24	0,00178	8,75	0,0024	0,0042

Tabel 5. 11 Debit air limbah rata - rata Blok B

Blok	Luas Area (Ha)	Q Air Limbah Rata- Rata (L/dtk)	F infiltrasi (m ³ /ha.hari)	Q Rata- Rata Infiltrasi (m ³ /dtk)	Q Rata- Rata Total (m ³ /dtk)
1B	14	0,0010	8,75	0,0014	0,0025
2B	25	0,0014	8,75	0,0025	0,0039
3B	14	0,0014	8,75	0,0015	0,0029
4B	13	0,0013	8,75	0,0013	0,0026

Tabel 5. 12 Debit air limbah rata - rata Blok C

Blok	Luas Area (Ha)	Q Air Limbah Rata- Rata (L/dtk)	F infiltrasi (m ³ /ha.hari)	Q Rata- Rata Infiltrasi (m ³ /dtk)	Q Rata- Rata Total (m ³ /dtk)
1C	39	0,0018	8,75	0,0039	0,0058
2C	35	0,0013	8,75	0,0035	0,0049
3C	14	0,0015	8,75	0,0015	0,0030

Tabel 5. 13 Debit air limbah rata - rata Blok D

Blok	Luas Area (Ha)	Q Air Limbah Rata- Rata (L/dtk)	F infiltrasi (m ³ /ha.hari)	Q Rata- Rata Infiltrasi (m ³ /dtk)	Q Rata- Rata Total (m ³ /dtk)
1D	34	0,00063	8,75	0,0035	0,0041
2D	48	0,00087	8,6	0,0047	0,0056
3D	54	0,00098	8	0,0050	0,0059

Selanjutnya menghitung debit puncak air limbah dengan rumus pada persamaan 2. 5.

Diketahui:

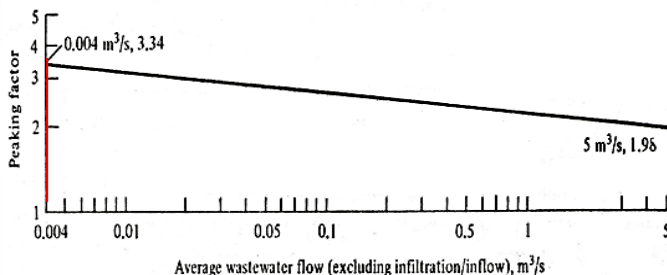
Debit rata-rata limbah Blok1 A = 0,00089 m³/det

Luas blok = 0,12 km²

= 12 Ha

Selanjutnya menghitung nilai faktor peak pada Gambar 5.

2.



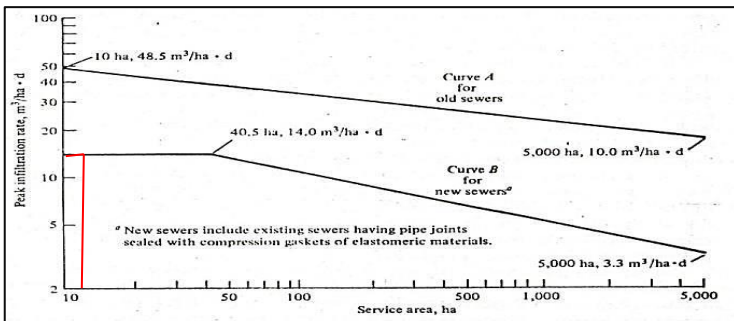
Gambar 5. 2 *Peaking factor*
Sumber : Metcalf and Eddy, 2003

Berdasarkan Gambar 5. 2 diperoleh faktor peak sebesar 3,34.

Faktor peak = 3,34

Q peak = Q rata-rata limbah x fp
= 0,00089 m³/detik x 3,34
= 0,0009 m³/detik

Selanjutnya menemukan nilai *Peak Infiltration* pada Gambar 5. 3.



Gambar 5. 3 Peak Infiltration Allowance
Sumber : Metcalf and Eddy, 2003

Peak Infiltration = $14 \text{ m}^3/\text{ha.hari}$

Rumus Q peak infiltrasi dapat dilihat pada persamaan 2.

5.

$$\begin{aligned} Q \text{ peak Infiltrasi} &= \text{Luas blok} \times \text{peak infiltration} \\ &= (12 \text{ ha} \times 14 \text{ m}^3/\text{ha.hari}) \\ &= 168 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,002 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Rumus Q peak total dapat dilihat pada persamaan 2. 9.

$$\begin{aligned} Q \text{ peak total} &= Q \text{ peak} + Q \text{ peak Infiltrasi} \\ &= 0,00089 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,002 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,0028 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Debit puncak total air limbah masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5. 14, Tabel 5. 15, Tabel 5. 16 dan Tabel 5. 17.

Debit Minimum:

Diketahui:

Jumlah penduduk di Blok 1A = 2.524 jiwa

Debit air limbah rata- rata total = $0,00089 \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q \text{ min} = 1/5 \times (\text{Penduduk}/1000)^{1,2} \times Q_{\text{rata-rata}}$ (pers. 2. 8)

$Q \text{ min} = 1/5 \times (2524/1000)^{1,2} \times 0,00089 \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 0,00045 \text{ m}^3/\text{dt}$

Debit minimum air limbah masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.18, Tabel 5. 19, Tabel 5. 20, Tabel 5.21.

Tabel 5. 14 Debit puncak air limbah Blok A

Blok	Luas Area (Ha)	Q Air Limbah Rata-Rata (m ³ /dtk)	Peaking Factor	Q Peak (m ³ /dtk)	Peak Infiltration Rate (m ³ /ha.hari)	Q Peak Infiltrasi (m ³ /dtk)	Q Peak Total (m ³ /dtk)
1A	12	0,00089	3,34	0,0030	14	0,0020	0,0028
2A	9	0,00090	3,34	0,0030	14	0,0014	0,0023
3A	11	0,00157	3,34	0,0052	14	0,0018	0,0034
4A	15	0,00157	3,34	0,0052	14	0,0025	0,0040
5A	11	0,00117	3,34	0,0039	14	0,0018	0,0030
6A	16	0,00160	3,34	0,0053	14	0,0025	0,0041
7A	24	0,00178	3,34	0,0059	14	0,0038	0,0056

Tabel 5. 15 Debit puncak air limbah Blok B

Blok	Luas Area (Ha)	Q Air Limbah Rata-Rata (m ³ /dtk)	Peaking Factor	Q Peak (m ³ /dtk)	Peak Infiltration Rate (m ³ /ha.hari)	Q Peak Infiltrasi (m ³ /detik)	Q Peak Total (m ³ /dtk)
1B	14	0,0010	3,34	0,0035	14	0,0023	0,0033
2B	25	0,0014	3,34	0,0048	14	0,0040	0,0055
3B	14	0,0014	3,34	0,0046	14	0,0023	0,0037
4B	13	0,0013	3,34	0,0043	14	0,0022	0,0034

Tabel 5. 16 Debit puncak air limbah Blok C

Blok	Luas Area (Ha)	Q Air Limbah Rata-Rata (m^3/dtk)	Peaking Factor	Q Peak (m^3/dtk)	Peak Infiltration Rate ($\text{m}^3/\text{ha.hari}$)	Q Peak Infiltrasi (m^3/detik)	Q Peak Total (m^3/dtk)
1C	39	0,0018	3,34	0,0061	14	0,0063	0,0081
2C	35	0,0013	3,34	0,0045	14	0,0057	0,0070
3C	14	0,0015	3,34	0,0050	14	0,0023	0,0039

Tabel 5. 17 Debit Puncak Air Limbah Blok D

Blok	Luas Area (Ha)	Q Air Limbah Rata-Rata (m^3/dtk)	Peaking Factor	Q Peak (m^3/s)	Peak Infiltration Rate ($\text{m}^3/\text{ha.hari}$)	Q Peak Infiltrasi (m^3/detik)	Q Peak Total (m^3/dtk)
1D	34	0,0006	3,34	0,0021	14	0,0056	0,0062
2D	48	0,0009	3,34	0,0029	14	0,0077	0,0086
3D	54	0,0010	3,34	0,0033	14	0,0087	0,0097

Tabel 5. 18 Debit Minimum Air Limbah Blok A

Blok	Jumlah Penduduk	Q Air Limbah	
		Rata-rata (m ³ /dtk)	Qmin (m ³ /dtk)
1A	2155	0,00089	0,00045
2A	2035	0,00090	0,00042
3A	2646	0,00157	0,00101
4A	3554	0,00157	0,00144
5A	2646	0,00117	0,00075
6A	3618	0,00160	0,00149
7A	4157	0,00178	0,00197

Tabel 5. 19 Debit Minimum Air Limbah Blok B

Blok	Jumlah Penduduk	Q Air Limbah	
		Rata-rata (m ³ /dtk)	Qmin (m ³ /dtk)
1B	2524	0,0010	0,0006
2B	4052	0,0014	0,0015
3B	4550	0,0014	0,0017
4B	4177	0,0013	0,0014

Tabel 5. 20 Debit Minimum Air Limbah Blok C

Blok	Jumlah Penduduk	Q Air Limbah	
		Rata-rata (m ³ /dtk)	Qmin (m ³ /dtk)
1C	4123	0,0018	0,0020
2C	2515	0,0013	0,0008
3C	3423	0,0015	0,0013

Tabel 5. 21 Debit Minimum Air Limbah IPAL D

Blok	Jumlah Penduduk	Q Air Limbah	
		Rata-rata (m ³ /dtk)	Qmin (m ³ /dtk)
1D	1434	0,0006	0,0002

Blok	Jumlah Penduduk	Q Air Limbah	
		Rata-rata (m ³ /dtk)	Qmin (m ³ /dtk)
2D	1987	0,0009	0,0004
3D	2232	0,0010	0,0005

Selanjutnya menghitung pembebanan debit air limbah yang masuk ke pipa utama. Tujuan menghitung pembebanan air limbah adalah untuk mengetahui diameter pipa yang digunakan untuk menyalurkan air limbah menuju IPAL. Contoh perhitungan pembebanan air limbah dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Diketahui :

Debit rata – rata Blok A:

$Q_{average}$ Blok 1A = 0,0021 m³/det

$Q_{average}$ Blok 2A = 0,0018 m³/det

$Q_{average}$ Blok 3A = 0,0027 m³/det

$Q_{average}$ Blok 4A = 0,0031 m³/det

$Q_{average}$ Blok 5A = 0,0023 m³/det

$Q_{average}$ Blok 6A = 0,0032 m³/det

$Q_{average}$ Blok 7A = 0,0042 m³/det

Beban debit pipa primer IPAL A adalah:

Beban debit air limbah pipa primer H menuju IPAL A

= $Q_{average}$ Blok 1A + $Q_{average}$ Blok 2A + $Q_{average}$ Blok 3A +
 $Q_{average}$ Blok 4A + $Q_{average}$ Blok 5A + $Q_{average}$ Blok 6A +
 $Q_{average}$ Blok 7A

= 0,0021 m³/det + 0,0018 m³/det + 0,0027 m³/det + 0,0031 m³/det
+ 0,0023 m³/det + 0,0032 m³/det + 0,0042 m³/det
= 0,0194 m³/detik

Jadi, debit rata – rata air limbah yang masuk ke IPAL A adalah 0,0194 m³/detik. Hasil perhitungan pembebanan dapat dilihat pada Tabel 5. 22, Tabel 5. 23, Tabel 5. 24 dan Tabel 5. 25.

Tabel 5. 22 Pembebanan Blok A

Jalur Pipa	Keterangan	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Q average	Q Peak	Q min
				m ³ /detik		
A1-A	Sekunder	Blok 3A	326,27	0,0027	0,007	0,0010
A-B	Primer	Blok 3A	148,39	0,0027	0,007	0,0010
B1-B	Sekunder	Blok 2A	328,46	0,0018	0,004	0,0004
B2-B	Sekunder	Blok 4A	248,48	0,0031	0,008	0,0014
B-C	Primer	Blok 2A+ Blok 3A+ Blok 4A	183,91	0,0076	0,019	0,0029
C1-C	Sekunder	Blok 5A	225,05	0,0023	0,006	0,0008
C-D	Primer	Blok 2A+ Blok 3A+ Blok 4A +	226,67	0,0099	0,025	0,0036
		Blok 5A				
D-E	Primer	Blok 2A+ Blok 3A+ Blok 4A +	188,02	0,0099	0,025	0,0036
		Blok 5A				
E1-E	Sekunder	Blok 6A	319,80	0,0032	0,008	0,0015
		Blok 2A + Blok 3A + Blok 4A +				
E-F	Primer	Blok 5A + Blok 6A	123,74	0,0131	0,033	0,0051
		Blok 1A				
F1-F	Sekunder	Blok 1A + Blok 2A + Blok 3A +	112,88	0,0021	0,005	0,0004
		Blok 4A + Blok 5A+ Blok 6A				
F-G	Primer	Blok 7A	236,62	0,0152	0,038	0,0056
G1-G	Sekunder	Blok 1A + Blok 2A + Blok 3A +	580,38	0,0042	0,010	0,0020
		Blok 4A + Blok 5A+ Blok 6A +				
G-H	Primer		145,10	0,0194	0,047	0,0075

Jalur Pipa	Keterangan	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Q	Q Peak	Q min
				average	m ³ /detik	
H-IPAL A	Primer	Blok 7A Blok 1A + Blok 2A + Blok 3A + Blok 4A + Blok 5A+ Blok 6A + Blok 7A	35,21	0,0194	0,047	0,0075

Tabel 5. 23 Pembebanan Blok B

Jalur Pipa	Keterangan	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Q	Q Peak	Q min
				average	m ³ /detik	
A1-A	Sekunder	Blok 2B	666,87	0,0039	0,0088	0,0015
A-B	Primer	Blok 2B	66,49	0,0039	0,0088	0,0015
B1-B	Sekunder	Blok 3B	327,30	0,0029	0,0070	0,0017
B-C	Primer	Blok 2B + Blok 3B	278,82	0,0068	0,0158	0,0032
C1-C	Sekunder	Blok 1B	114,23	0,0025	0,0058	0,0006
C-D	Primer	Blok 1B + Blok 2B + Blok 3B	125,35	0,0093	0,0216	0,0039
D2-D1	Sekunder	Blok 4B	181,28	0,0026	0,0064	0,0014
D1-D	Sekunder	BLOK 4B	162,12	0,0026	0,0064	0,0014
D-IPAL B	Primer	Blok 1B + Blok 2B + Blok 3B + Blok 4B	6,19	0,0119	0,0280	0,0053

Tabel 5. 24 Pembebanan BlokC

Jalur Pipa	Keterangan	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Q average	Q Peak	Q min
				m ³ /detik		
A1-A	Sekunder	Blok 3C	365,81	0,0030	0,0023	0,0013
A-B	Primer	Blok 3C	494,32	0,0030	0,0023	0,0013
B1-B	Sekunder	Blok 2C	355,07	0,0049	0,0057	0,0008
B-C	Primer	Blok 2C + Blok 3C	305,14	0,0078	0,0080	0,0021
C1-C	Sekunder	Blok 1C	259,86	0,0058	0,0063	0,0020
C-IPAL C	Primer	Blok 1C + Blok 2C + Blok 3C	119,72	0,0136	0,014	0,0041

Tabel 5. 25 Pembebanan Blok D

Jalur Pipa	Keterangan	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Q average	Q Peak	Q min
				m ³ /detik		
A1 - A	Sekunder	Blok 1D	608,35	0,0041	0,0056	0,00019
A-B	Primer	Blok 1D	72,77	0,0041	0,0056	0,00019
D1-D	Sekunder	Blok 3D	202,01	0,0059	0,0087	0,00051
D-C	Primer	Blok 3D	337,43	0,0059	0,0087	0,00051
C1-C	Sekunder	Blok 2D	401,57	0,0056	0,0077	0,00040
C-B	Primer	Blok 2D + Blok 3D	72,64	0,0116	0,0164	0,00091
B-IPAL D	Primer	Blok 1D + Blok 2D + Blok 3D	6,98	0,0157	0,0220	0,00110

5.2.5 Dimensi pipa SPAL

Sebelum menghitung dimensi pipa SPAL, hal yang utama dilakukan adalah mengetahui desain kriteria SPAL. SPAL yang dipilih pada perencanaan ini adalah menggunakan *conventional sewerage* untuk menyalurkan air limbah menuju IPAL. Pada perencanaan ini, pipa utama menggunakan pipa PVC (*poly vinyl Chlorida*) dengan nilai kekasaran *manning* $n = 0,012$ (Permen PUPR No.4, 2017).

Desain kriteria *conventional sewerage* antara lain (Kementerian PU, 2017):

- 1) Menampung air mandi, cuci, dapur, dan tinja
- 2) Diameter pipa minimal 100 mm
- 3) Kedalaman pipa minimum 0,80 meter dan maksimum 7 meter
- 4) Kecepatan minimum $> 0,3$ m/det
- 5) d/D adalah $0,6 - 0,8$
- 6) d_{\min}/D adalah $0,2$ dari diameter pipa
- 7) Air dalam pipa maksimum $2/3$ diameter pipa.

Berikut adalah contoh perhitungan dimensi pipa:

Diketahui :

Blok A

Saluran A1 - A:

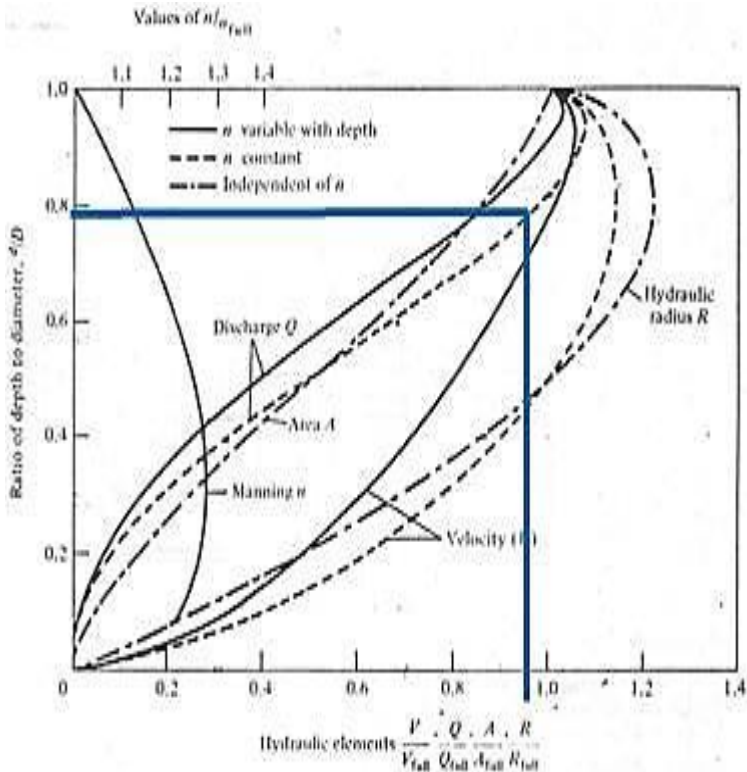
- Panjang pipa $= 326,27$ m
- Q_{peak} $= 0,0071$ m³/det
- Elevasi muka tanah awal $= 926,59$ m
- Elevasi muka tanah akhir $= 926,59$ m
- $Slope$ medan $= \frac{\Delta h}{\text{panjang pipa}} = \frac{926,59 - 926,39}{326,27} = 0$

Direncanakan :

- Slope pipa $= 0,004$
- Jenis pipa PVC
- Kekasaran pipa (n) $= 0,012$
- d/D $= 0,8$ (dikarenakan pipa utama, sehingga debit yang dialirkan semakin banyak)

1. Menghitung nilai Q_{full} (m³/det)

Q_{full} dihitung dengan memplotting grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer* pada Gambar 5. 4.



Gambar 5. 4 Hydraulic Elements for Circular Sewer

Berdasarkan Gambar 5. 4 maka, didapatkan Q_{peak}/Q_{full} sebesar 0,975

$$Q_{full} = \frac{Q_{peak\ total}}{\frac{Q_{peak}}{Q_{full}}} = \frac{0.0071\ m^3/det}{0.975} = 0,0073\ m^3/det$$

Untuk pipa PVC, $n = 0,012$, maka didapatkan diameter sebesar:

$$Q = \frac{0,3117}{n} \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{0,3117}{n} \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$0,0073 = \frac{0,3117}{0,012} \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot 0,004^{\frac{1}{2}}$$

$$D \text{ hitungan} = 0,995 \text{ m} = 99,53 \text{ mm}$$

Selanjutnya, menyesuaikan D hitungan dengan D yang ada di pasaran. Maka didapatkan D pasaran sebesar:

$$D \text{ dalam} = 110 \text{ mm}$$

$$D \text{ luar} = 114 \text{ mm}$$

2. Menghitung nilai Qfull cek dan Vfull cek

- Cek Q_{full}

$$Q = \frac{0,3117}{0,012} \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{0,3117}{0,012} \cdot 0,110^{\frac{8}{3}} \cdot 0,004^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{full} = 0,0045 \text{ m}^3/\text{det}$$
- Cek $v_{full} = Q_{full} \text{ cek} / A_{full}$

$$= 0,0045 / 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= 0,0045 / 0,25 \times 3,14 \times 0,1099^2$$

$$= 0,48 \text{ m/det}$$

Jadi, nilai v_{full} cek adalah 0,48 m/detik.

3. Cek nilai Qpeak/Qfull

- $Q \text{ Peak}/Q_{full} \text{ cek} = \frac{0,0034}{0,0045}$
 - $Q \text{ peak}/Q_{full} \text{ cek} = 0,75$
- Jadi, nilai $Q \text{ peak}/Q_{full} \text{ cek}$ adalah 0,75.

4. Menghitung nilai Qmin/Qfull

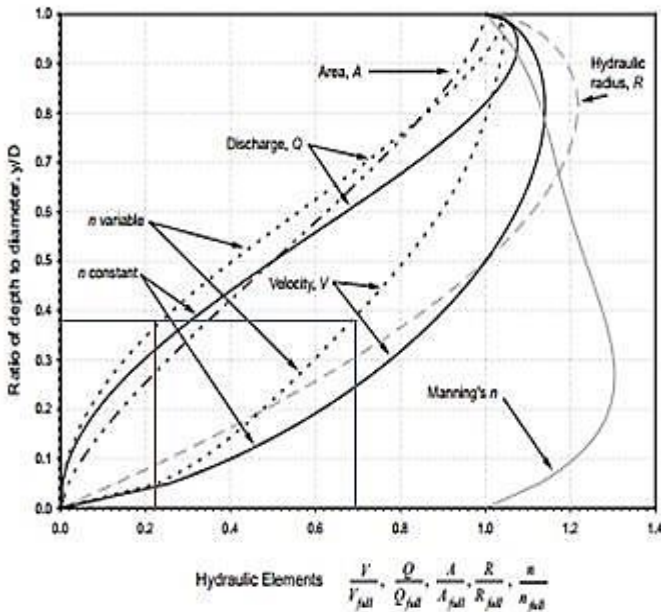
- $Q_{min}/Q_{full} = 0,001 \text{ m}^3/\text{det} / 0,0045 \text{ m}^3/\text{det}$

$$= 0,22$$

Jadi, nilai Q_{min}/Q_{full} adalah 0,22.

5. Menghitung vmin (m/s)

v_{min} didapatkan dari perkalian nilai v_{min}/v_{full} dan v_{full} . Nilai v_{min}/v_{full} didapatkan dari grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer* pada Gambar 5. 5. Cara membaca grafik adalah dengan memplotting nilai Q_{min}/Q_{full} ke atas sehingga didapatkan nilai d_{min}/D . Nilai d_{min}/D selanjutnya diplotting ke v_{min}/v_{full}



Gambar 5. 5 *Hydraulic Elements for Circular Sewer*

Berdasarkan nilai Q_{min}/Q_{full} melalui grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*, maka didapatkan d_{min}/D sebesar 0,38 dan v_{min}/v_{full} sebesar 0,7

*Untuk $d_{min}/D = 0,38$ adalah **garis merah**, sedangkan $V_{min}/V_{full} = 0,78$ adalah **garis biru**. Selanjutnya menghitung nilai v_{full} melalui debit yang diperoleh setiap pipa dengan membagi luas permukaan pipa SPAL.

$$V_{min} = \frac{v_{min}}{v_{full}} \times v_{full} = 0,7 \times 0,48 \text{ m/det} = 0,34 \text{ m/det}$$

V_{min} memenuhi karena kriteria desain dari pipa SPAL *conventional sewerage* pada kecepatan minimum (V_{min}) adalah 0,3 m/detik. Hasil perhitungan diameter pipa selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5. 26, Tabel 5. 27, Tabel 5. 28, Tabel 5. 29.

Tabel 5. 26 Diameter pipa Blok A

Nama Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Q Peak (m ³ /dt k)	Q min (m ³ /dt k)	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull (m ³ /dtk)	Elevasi (m)		Slope Median	S Pipa Rencana
								awal	akhir		
A1-A	Sekunder	326,27	0,0034	0,0010	0,8	0,975	0,0035	926,59	926,59	0	0,004
A-B	Primer	148,39	0,0034	0,0010	0,8	0,975	0,0035	926,59	929,03	0,016	0,004
B1-B	Sekunder	328,46	0,0023	0,0004	0,8	0,975	0,0024	929	929,03	0,000	0,012
B2-B	Sekunder	248,48	0,0040	0,0014	0,8	0,975	0,0041	935,13	929,03	0,025	0,019
B-C	Primer	183,91	0,0098	0,0029	0,8	0,975	0,0100	929,03	928,73	0,002	0,0016
C1-C	Sekunder	225,05	0,0030	0,0008	0,8	0,975	0,0031	933,6	928,73	0,022	0,019
C-D	Primer	226,67	0,0128	0,0036	0,8	0,975	0,0131	928,73	927,81	0,004	0,002
D-E	Primer	188,02	0,0128	0,0036	0,8	0,975	0,0131	927,81	927,2	0,003	0,0032
E1-E	Sekunder	319,80	0,0041	0,0015	0,8	0,975	0,0042	929,33	928,12	0,004	0,017
E-F	Primer	123,74	0,0169	0,0051	0,8	0,975	0,0173	927,2	920,5	0,054	0,019
F1-F	Sekunder	112,88	0,0028	0,0004	0,8	0,975	0,0029	926,5	920,5	0,053	0,019
F-G	Primer	236,62	0,0197	0,0056	0,8	0,975	0,0202	920,5	918,66	0,008	0,0078
G1-G	Sekunder	580,38	0,0056	0,0020	0,8	0,975	0,0058	925,068	918,66	0,011	0,01
G-H	Primer	145,10	0,0253	0,0075	0,8	0,975	0,0260	918,66	917,75	0,006	0,01
H-IPAL A	Primer	35,21	0,0253	0,0075	0,8	0,975	0,0260	917,75	917,14	0,017	0,017

Lanjutan perhitungan diameter pipa Blok A

Nama Pipa	Keterangan	n	D hitung		D Pipa Pasaran yang dipakai		Qfull check (m ³ /dtk)	Afull check (m ²)	vfull cek (m/dtk)
			(m)	(mm)	D dalam (mm)	D luar (mm)			
A1-A	Sekunder	0,012	0,100	99,53	110	114	0,0045	0,0095	0,48
A-B	Primer	0,012	0,100	99,53	110	114	0,0045	0,0095	0,48
B1-B	Sekunder	0,012	0,070	70,04	110	114	0,0079	0,0095	0,83
B2-B	Sekunder	0,012	0,079	79,21	110	114	0,0099	0,0095	1,05
B-C	Primer	0,012	0,175	174,73	208	216	0,0159	0,0339	0,47
C1-C	Sekunder	0,012	0,071	70,91	110	114	0,0099	0,0095	1,05
C-D	Primer	0,012	0,186	186,00	208	216	0,0176	0,0339	0,52
D-E	Primer	0,012	0,170	169,87	208	216	0,0224	0,0339	0,66
E1-E	Sekunder	0,012	0,081	81,41	110	114	0,0094	0,0095	0,99
E-F	Primer	0,012	0,135	135,41	208	216	0,0541	0,0339	1,60
F1-F	Sekunder	0,012	0,069	69,49	110	114	0,0099	0,0095	1,05
F-G	Primer	0,012	0,170	169,74	208	216	0,0346	0,0339	1,02
G1-G	Sekunder	0,012	0,101	101,07	110	114	0,0072	0,0095	0,76
G-H	Primer	0,012	0,178	177,87	208	216	0,0393	0,0339	1,16
H- IPAL A	Primer	0,012	0,160	160,45	208	216	0,0517	0,0339	1,53

Lanjutan perhitungan diameter pipa Blok A

Nama Pipa	Keterangan	Q peak/Q full cek	Q min/Q full	d min/D	v min/V full	v min (m/s)	D min (mm)
A1-A	Sekunder	0,75	0,22	0,38	0,70	0,34	41,76
A-B	Primer	0,75	0,22	0,38	0,70	0,34	41,76
B1-B	Sekunder	0,29	0,05	0,18	0,44	0,37	19,78
B2-B	Sekunder	0,41	0,14	0,3	0,60	0,63	32,97
B-C	Primer	0,62	0,18	0,32	0,63	0,30	66,46
C1-C	Sekunder	0,30	0,08	0,74	0,98	1,02	81,33
C-D	Primer	0,73	0,21	0,36	0,61	0,32	74,77
D-E	Primer	0,57	0,16	0,37	0,68	0,45	76,85
E1-E	Sekunder	0,44	0,16	0,37	0,68	0,67	40,66
E-F	Primer	0,31	0,09	0,24	0,52	0,83	49,85
F1-F	Sekunder	0,29	0,05	0,2	0,44	0,46	21,98
F-G	Primer	0,57	0,16	0,37	0,68	0,70	76,85
G1-G	Sekunder	0,78	0,27	0,4	0,70	0,53	43,96
G-H	Primer	0,65	0,19	0,38	0,64	0,74	78,93
H-IPAL A	Primer	0,49	0,15	0,34	0,60	0,92	70,62

Pada pipa sekunder F1-F dilakukan pembagian pipa dalam tujuh segmen. Hal ini dikarenakan kemiringan (*slope*) medan yang curam yaitu 5,4% sehingga dibutuhkan beberapa *manhole* untuk menyambungkan pipa sekunder F1-F. Hasil perhitungan diameter pipa sekunder F1 – F dapat dilihat pada Tabel 5. 28.

Tabel 5. 27 Diameter segmen pada pipa F1 - F

Nama pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Q Peak (m ³ /dtk)	Q min (m ³ /dtk)	d/ D	Qpeak/ Qfull	Q full	elevasi (m)		slope medan	S pipa Renca na
								awal	akhir		
F1-F2	Sekunder	16,81	0,0028	0,00045	0,8	0,975	0,0029	926,50	925,61	0,053	0,015
F2-F3	Sekunder	12,93	0,0028	0,00045	0,8	0,975	0,0029	925,61	924,92	0,053	0,015
F3-F4	Sekunder	16,37	0,0028	0,00045	0,8	0,975	0,0029	924,92	924,05	0,053	0,015
F4-F5	Sekunder	18,07	0,0028	0,00045	0,8	0,975	0,0029	924,05	923,89	0,009	0,015
F5-F6	Sekunder	15,72	0,0028	0,00045	0,8	0,975	0,0029	923,89	922,25	0,104	0,015
F6-F7	Sekunder	15,70	0,0028	0,00045	0,8	0,975	0,0029	922,25	921,42	0,053	0,015
F7-F	Sekunder	17,30	0,0028	0,00045	0,8	0,975	0,0029	921,42	920,50	0,053	0,015

Lanjutan perhitungan diameter segmen pada pipa F1 - F

Nama pipa	Keterangan	n	D Hitung		D pipa pasaran		Q full check (m ³ /dtk)	A Full Check (m ²)	v full cek (m/dtk)
			m	mm	D dalam (mm)	D Luar (mm)			
F1-F2	Primer	0,012	0,073	72,64	110	114	0,0088	0,0095	0,93
F2-F3	Primer	0,012	0,073	72,64	110	114	0,0088	0,0095	0,93
F3-F4	Sekunder	0,012	0,073	72,64	110	114	0,0088	0,0095	0,93
F4-F5	Sekunder	0,012	0,073	72,64	110	114	0,0088	0,0095	0,93
F5-F6	Sekunder	0,012	0,073	72,64	110	114	0,0088	0,0095	0,93
F6-F7	Sekunder	0,012	0,073	72,64	110	114	0,0088	0,0095	0,93
F7-F	Sekunder	0,012	0,073	72,64	110	114	0,0088	0,0095	0,93

Lanjutan perhitungan diameter segmen pada pipa F1 - F

nama pipa	keterangan	Q peak/ Q full Check	Q min/ Q full	d min/D	V min/ V full	V min (m/s)	D min (mm)
F1-F2	Primer	0,32	0,051	0,2	0,44	0,41	21,98
F2-F3	Primer	0,32	0,051	0,2	0,44	0,41	21,98
F3-F4	Sekunder	0,32	0,051	0,2	0,44	0,41	21,98
F4-F5	Sekunder	0,32	0,051	0,2	0,44	0,41	21,98
F5-F6	Sekunder	0,32	0,051	0,2	0,44	0,41	21,98
F6-F7	Sekunder	0,32	0,051	0,2	0,44	0,41	21,98
F7-F	Sekunder	0,32	0,051	0,2	0,44	0,41	21,98

Tabel 5. 28 Diameter pipa Blok B

Nama Pipa	Keteranga n	L Pipa (m)	Q Peak (m ³ /d)	Q min (m ³ /d)	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull (m ³ /dt k)	Elevasi (m)		Slope Medan	S Pipa Rencana
								awal	akhir		
A1-A	Sekunder	666,87	0,0055	0,0015	0,8	0,975	0,0056	918,06	918,97	-0,0014	0,005
A-B	Primer	66,49	0,0055	0,0015	0,8	0,975	0,0056	918,97	913,79	0,0779	0,015
B1-B	Sekunder	327,30	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	922,63	913,79	0,0270	0,015
B-C	Primer	278,82	0,0092	0,0032	0,8	0,975	0,0094	913,79	915	-0,0043	0,004
C1-C	Sekunder	114,23	0,0033	0,0006	0,8	0,975	0,0034	915,61	915	0,0053	0,020
C-D	Primer	125,35	0,0125	0,0039	0,8	0,975	0,0129	915	915,31	-0,0025	0,005
D2-D1	Sekunder	181,28	0,0034	0,0014	0,8	0,975	0,0035	919,58	917,75	0,0101	0,015

Nama Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Q Peak (m ³ /d)	Q min (m ³ /d)	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull (m ³ /dt k)	Elevasi (m)		Slope Medan	S Pipa Rencana
								awal	akhir		
D1-D	Sekunder	162,12	0,0034	0,0014	0,8	0,975	0,0035	917,75	915,31	0,0151	0,015
D-IPAL	Primer	6,19	0,0160	0,0053	0,8	0,975	0,0164	915,31	915,31	0	0,006

Lanjutan perhitungan diameter pipa Blok B

Nama Pipa	Keterangan	n	D hitung		D Pipa Pasaran yang dipakai		Qfull check (m ³ /dtk)	Afull check (m ²)	Vfull cek (m/dtk)
			(m)	(mm)	D dalam (mm)	D luar (mm)			
A1-A	Sekunder	0,012	0,11	113,87	134,5	140	0,0087	0,014	0,61
A-B	Primer	0,012	0,09	92,67	134,5	140	0,0151	0,014	1,06
B1-B	Sekunder	0,012	0,08	80,44	109,9	114	0,0088	0,009	0,93
B-C	Primer	0,012	0,14	144,42	158,6	165	0,0121	0,020	0,61
C1-C	Sekunder	0,012	0,07	73,37	109,9	114	0,0100	0,009	1,06
C-D	Primer	0,012	0,16	155,55	158,6	165	0,0135	0,020	0,69
D2-D1	Sekunder	0,012	0,08	77,90	109,9	114	0,0088	0,009	0,93
D1-D	Sekunder	0,012	0,08	77,85	158,6	165	0,0235	0,020	1,19
D-IPAL	Primer	0,012	0,16	164,61	207,7	216	0,0304	0,034	0,90

Lanjutan perhitungan diameter pipa Blok B

Nama Pipa	Keterangan	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min (m/s)	D min (mm)
A1-A	Sekunder	0,63	0,18	0,32	0,62	0,38	36,4
A-B	Primer	0,36	0,10	0,24	0,52	0,55	22,2
B1-B	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,5
B-C	Primer	0,76	0,27	0,41	0,71	0,44	59,2
C1-C	Sekunder	0,33	0,06	0,19	0,46	0,49	13,9
C-D	Primer	0,93	0,29	0,42	0,72	0,49	65,3
D2-D1	Sekunder	0,39	0,16	0,37	0,68	0,63	28,8
D1-D	Sekunder	0,15	0,06	0,38	0,67	0,80	29,6
D-IPAL	Primer	0,52	0,17	0,42	0,73	0,66	69,1

Pada pipa sekunder B1-B juga dilakukan pembagian pipa dalam tujuh segmen. Hal ini dikarenakan kemiringan (*slope*) medan yang curam yaitu 3% sehingga dibutuhkan beberapa *manhole* untuk menyambungkan pipa sekunder B1-B. Hasil perhitungan diameter pipa sekunder B1-B dapat dilihat pada Tabel 5. 30.

Tabel 5. 29 Diameter segmen pipa B1-B

Nama pipa	Ketera ngan	L Pipa (m)	Q Peak (m3/dtk)	Q min (m3/dt)	d/D	Qpeak/ Qfull	Q full	elevasi		slope meda n	S pipa Renca na
								awal	akhir		
B1-B2	Sekund er	43,11	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	922,63	921,33	0,030	0,015
B2-B3	Sekund er	39,77	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	921,33	920,14	0,030	0,015
B3-B4	Sekund er	39,99	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	920,14	918,94	0,030	0,015
B4-B5	Sekund er	40,16	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	918,94	917,74	0,030	0,015
B5-B6	Sekund er	39,70	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	917,74	916,55	0,030	0,015
B6-B7	Sekund er	25,90	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	916,55	915,78	0,029	0,015
B7-B8	Sekund er	23,99	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	915,78	915,47	0,013	0,015
B8-B9	Sekund er	40,27	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	915,47	913,83	0,041	0,015
B9-B	Sekund er	34,81	0,0037	0,0017	0,8	0,975	0,0038	913,83	913,79	0,001	0,004

Lanjutan perhitungan diameter segmen pipa B1-B

Nama pipa	keterangan	n	D Hitung		D pipa pasaran		Q full check (m ³ /dtk)	A Full Check (m ²)	v full cek (m/dtk)
			m	mm	D dalam (mm)	D Luar (mm)			
B1-B2	Sekunder	0,012	0,080	80,44	110	114	0,0088	0,0095	0,93
B2-B3	Sekunder	0,012	0,080	80,44	110	114	0,0088	0,0095	0,93
B3-B4	Sekunder	0,012	0,080	80,44	110	114	0,0088	0,0095	0,93
B4-B5	Sekunder	0,012	0,080	80,44	110	114	0,0088	0,0095	0,93
B5-B6	Sekunder	0,012	0,080	80,44	110	114	0,0088	0,0095	0,93
B6-B7	Sekunder	0,012	0,080	80,44	110	114	0,0088	0,0095	0,93
B7-B8	Sekunder	0,012	0,080	80,44	110	114	0,0088	0,0095	0,93
B8-B9	Sekunder	0,012	0,080	80,44	110	114	0,0088	0,0095	0,93
B9-B	Sekunder	0,012	0,103	103,07	110	114	0,0045	0,0095	0,48

Lanjutan perhitungan diameter segmen pipa B1-B

Nama pipa	keterangan	Q peak/ Q full	Q min/ Q full	d min/D	V min/ V full	V min (m/s)	D min (mm)
		Check	full		full		
B1-B2	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,55
B2-B3	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,55
B3-B4	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,55
B4-B5	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,55
B5-B6	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,55
B6-B7	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,55

Nama pipa	keterangan	Q peak/ Q full Check	Q min/ Q full	d min/D	V min/ V full	V min (m/s)	D min (mm)
B7-B8	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,55
B8-B9	Sekunder	0,42	0,19	0,33	0,63	0,59	26,55
B9-B	Sekunder	0,82	0,38	0,48	0,79	0,38	49,47

Tabel 5. 30 Diameter pipa Blok C

Nama Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Q Peak (m ³ /dtk)	Q min (m ³ /dtk)	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull (m ³ /dtk)	Elevasi (m)		Slope Medan	S Pipa Rencana
								awal	akhir		
A1-A	Sekunder	365,81	0,0015	0,0013	0,8	0,975	0,0015	927,86	926,59	0,003	0,0050
A-B	Primer	494,32	0,0015	0,0013	0,8	0,975	0,0015	926,59	915,62	0,022	0,0195
B1-B	Sekunder	355,07	0,0000	0,0008	0,8	0,975	0,0000	922,93	922,63	0,001	0,0080
B-C	Primer	305,14	0,0015	0,0021	0,8	0,975	0,0016	922,63	915,62	0,023	0,0150
C1-C	Sekunder	259,86	0,0000	0,0020	0,8	0,975	0,0000	921,41	915,62	0,022	0,0195
C-IPAL C	Primer	119,72	0,0015	0,0041	0,8	0,975	0,0016	915,62	915,01	0,005	0,0051

Lanjutan perhitungan diameter pipa Blok C

Nama Pipa	Keterangan	n	D hitung		D Pipa Pasaran yang dipakai		Qfull check (m ³ /dtk)	Afull check (m ²)	Vfull cek (m/dtk)
			(m)	(mm)	D dalam (mm)	D luar (mm)			
A1-A	Sekunder	0,012	0,070	70,36	109,9	114	0,005	0,0095	0,54

Nama Pipa	Keterangan	n	D hitung		D Pipa Pasaran yang dipakai		Qfull check (m ³ /dtk)	Afull check (m ²)	Vfull cek (m/dtk)
			(m)	(mm)	D dalam (mm)	D luar (mm)			
A-B	Primer	0,012	0,055	54,51	109,9	114	0,010	0,0095	1,06
B1-B	Sekunder	0,012	0,005	4,62	109,9	114	0,006	0,0095	0,68
B-C	Primer	0,012	0,057	57,28	109,9	114	0,009	0,0095	0,93
C1-C	Sekunder	0,012	0,004	4,40	109,9	114	0,010	0,0095	1,06
C-IPAL C	Primer	0,012	0,070	70,17	109,9	114	0,005	0,0095	0,54

Lanjutan perhitungan diameter pipa Blok C

Nama Pipa	Keterangan	Q peak/ Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min (m/s)	D min (mm)
A1-A	Sekunder	0,30	0,26	0,4	0,7	0,38	43,96
A-B	Primer	0,15	0,13	0,3	0,6	0,64	32,97
B1-B	Sekunder	0,00	0,13	0,3	0,56	0,38	32,97
B-C	Primer	0,17	0,24	0,38	0,68	0,63	41,76
C1-C	Sekunder	0,0002	0,20	0,76	0,98	1,04	83,52
C-IPAL B	Primer	0,29	0,81	0,72	0,98	0,53	79,13

Tabel 5. 31 Diameter Pipa Blok D

Nama Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Q Peak (m3/dtk)	Q min (m3/dtk)	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull (m3/dtk)	Elevasi (m)		Slope Medan	S Pipa Rencana
								awal	akhir		
A1 - A	Sekunder	608,35	0,00621	0,00019	0,8	0,975	0,006	915	911,52	0,01	0,01
A-B	Primer	72,77	0,00621	0,00019	0,8	0,975	0,006	911,52	909,52	0,03	0,01
D1-D	Sekunder	202,01	0,00966	0,00051	0,8	0,975	0,010	916,53	915,62	0,00	0,006
D-C	Primer	337,43	0,00966	0,00051	0,8	0,975	0,010	915,62	911,96	0,01	0,006
C1-C	Sekunder	401,57	0,00860	0,00040	0,8	0,975	0,009	914,63	911,96	0,01	0,0195
C-B	Primer	72,64	0,01826	0,00091	0,8	0,975	0,019	911,96	909,52	0,03	0,005
B-IPAL	Primer	6,98	0,02447	0,00110	0,8	0,975	0,025	909,52	909,52	0,00	0,005

Lanjutan perhitungan diameter pipa Blok D

Nama Pipa	Keterangan	n	D hitung		D Pipa Pasaran yang dipakai		Qfull check (m ³ /dtk)	Afull check (m ²)	Vfull cek (m/dtk)
			(m)	(mm)	D dalam (mm)	D luar (mm)			
A1 - A	Sekunder	0,012	0,105	105	110	114	0,0072	0,0095	0,76
A-B	Primer	0,012	0,105	105	110	114	0,0072	0,0095	0,76
D1-D	Sekunder	0,012	0,136	136	159	165	0,0148	0,0197	0,75
D-C	Primer	0,012	0,136	136	159	165	0,0148	0,0197	0,75
C1-C	Sekunder	0,012	0,105	105	159	165	0,0267	0,0197	1,35

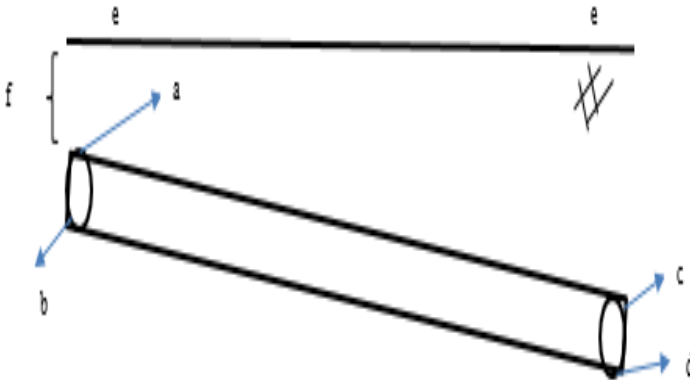
Nama Pipa	Keterangan	n	D hitung		D Pipa Pasaran yang dipakai		Qfull check (m ³ /dtk)	Afull check (m ²)	Vfull cek (m/dtk)
			(m)	(mm)	D dalam (mm)	D luar (mm)			
C-B	Primer	0,012	0,179	179	208	216	0,0278	0,0339	0,82
B-IPAL	Primer	0,012	0,200	200	208	216	0,0278	0,0339	0,82

Lanjutan perhitungan diameter pipa Blok D

Nama Pipa	Keterangan	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min (m/s)	D min (mm)
A1 - A	Sekunder	0,86	0,027	0,12	0,4	0,30	33,35
A-B	Primer	0,86	0,027	0,12	0,4	0,30	33,35
D1-D	Sekunder	0,65	0,035	0,13	0,41	0,31	48,80
D-C	Primer	0,65	0,035	0,13	0,41	0,31	48,80
C1-C	Sekunder	0,32	0,015	0,08	0,3	0,41	64,38
C-B	Primer	0,66	0,033	0,13	0,41	0,34	69,84
B-IPAL	Primer	0,88	0,040	0,14	0,4	0,33	68,14

5.2.6 Penanaman Pipa SPAL

Penanaman pipa SPAL diusahakan menggunakan *slope* medan dan penanamannya diusahakan menghindari pemompaan. Pompa digunakan apabila penanaman pipa mencapai 7 m (batas air tanah). Untuk beberapa saluran yang bertemu dalam satu *manhole* dan mempunyai beda ketinggian kurang lebih satu meter dapat digunakan *drop manhole*. Perhitungan penanaman SPAL dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 5. 6 Penanaman pipa SPAL
Sumber : Oktavianus, 2017

Keterangan gambar:

- a = elevasi atas pipa awal
- b = elevasi bawah pipa awal
- c = elevasi atas pipa akhir
- d = elevasi bawah pipa akhir
- e = muka tanah
- f = kedalaman penanaman awal

Diketahui :

Blok A dengan Saluran A1-A

Saluran A1-A:

- Elevasi tanah awal = 926,59 m
- Elevasi tanah akhir = 926,59 m
- ΔH medan = 0 m
- Panjang pipa = 326,27 m
- Slope saluran = 0,004
- Diameter pipa = 0,1099 m
- Asumsi kedalaman awal = 1 m
- ΔH saluran (headloss pipa)
= Panjang pipa x Slope salur
= $326,27 \times 0,004$
= 1,31 m

Elevasi Atas Pipa

- Elevasi tanah awal = 926,59 m
- Elevasi atas pipa awal = $926,59 \text{ m} - 0,8 \text{ m}$
= 925,79 m
- Elevasi atas pipa akhir = $925,79 \text{ m} - 1,31 \text{ m}$
= 924,48 m

Elevasi Bawah Pipa

- Elevasi tanah akhir = 926,59 m
- Elevasi bawah pipa awal = $925,79 \text{ m} - 0,1099 \text{ m}$
= 925,68 m
- Elevasi bawah pipa = $934,48 \text{ m} - 0,1099 \text{ m}$
= 924,38 m

Kedadaan akhir

- Kedalaman galian awal
- = $926,59 \text{ m} - (925,68 \text{ m} + 0,15 \text{ m})$
= 0,8 m
- Kedalaman galian akhir
- = $926,59 \text{ m} - (924,38 \text{ m} + 0,15 \text{ m})$
= 2,1 m

Hasil perhitungan selengkapnya penanaman pipa dapat dilihat pada Tabel 5.32, Tabel 5.33, Tabel 5.34 dan Tabel 5.35.

Tabel 5. 32 Penanaman Blok A

Jalur Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Elevasi Medan (m)		Slope Medan	Slope Pipa	Diameter dalam pipa (mm)	Diameter luar pipa (mm)
			awal	akhir				
A1-A	Sekunder	326,27	926,59	926,59	0	0,004	109,9	114
A-B	Primer	148,39	926,59	929,03	-0,016442765	0,004	109,9	114
B1-B	Sekunder	328,46	929	929,03	-9,13366E-05	0,012	109,9	114
B2-B	Sekunder	248,48	935,13	929,03	0,024548866	0,019	109,9	114
B-C	Primer	183,91	929,03	928,73	0,001631226	0,001631	207,7	216
C1-C	Sekunder	225,05	933,6	928,73	0,021639879	0,019	109,9	114
C-D	Primer	226,67	928,73	927,81	0,004058845	0,002	207,7	216
D-E	Primer	188,02	927,81	927,2	0,003244258	0,003244	207,7	216
E1-E	Sekunder	319,80	929,33	928,12	0,003783624	0,017	109,9	114
E-F	Primer	123,74	927,2	920,5	0,054147425	0,019	207,7	216
F1-F2	Sekunder	16,81	926,5	925,6065	0,0531543	0,015	109,9	114
F2-F3	Sekunder	12,93	925,6065	924,9178	0,053280217	0,015	109,9	114
F3-F4	Sekunder	16,37	924,9178	924,0498	0,053030127	0,015	109,9	114
F4-F5	Sekunder	18,07	924,0498	923,8909	0,008791829	0,015	109,9	114
F5-F6	Sekunder	15,72	923,8909	922,252	0,10422589	0,015	109,9	114
F6-F7	Sekunder	15,70	922,252	921,4199	0,0529889	0,015	109,9	114
F7-F	Sekunder	17,30	921,4199	920,5	0,053172759	0,015	109,9	114
F-G	Primer	236,62	920,5	918,66	0,007776316	0,007776	207,7	216
G1-G	Sekunder	580,38	925,068	918,66	0,011041037	0,01	109,9	114
G-H	Primer	145,10	918,66	917,75	0,006271394	0,011	207,7	216

Jalur Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Elevasi Medan (m)		Slope Medan	Slope Pipa	Diameter dalam pipa (mm)	Diameter luar pipa (mm)
			awal	akhir				
H-IPAL A	Primer	35,21	917,75	917,14	0,017325898	0,017326	207,7	216

Lanjutan Penanaman Blok A

Jalur Pipa	Keteranga n	Headlos s (m)	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah Pipa Akhir (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
A1-A	Sekunder	1,31	925,79	924,48	925,68	924,38	0,15	0,76	2,06
A-B	Primer	0,59	924,48	923,89	924,38	923,78	0,15	2,06	5,10
B1-B	Sekunder	3,94	928,20	924,26	928,09	924,15	0,15	0,76	4,73
B2-B	Sekunder	4,72	934,33	924,31	934,22	924,20	0,15	0,76	4,68
B-C	Primer	0,30	923,94	923,64	923,73	923,43	0,15	5,15	5,15
C1-C	Sekunder	4,28	932,80	924,45	932,69	924,34	0,15	0,76	4,24
C-D	Primer	0,45	923,64	923,19	923,43	922,98	0,15	5,15	4,68
D-E	Primer	0,61	923,19	922,58	922,98	922,37	0,15	4,68	4,68
E1-E	Sekunder	5,44	928,53	922,68	928,42	922,57	0,15	0,76	5,40
E-F	Primer	2,35	922,58	920,23	922,37	920,02	0,15	4,68	0,33
F1-F2	Sekunder	0,25	925,70	925,45	925,59	925,34	0,15	0,76	0,12
F2-F3	Sekunder	0,19	924,85	924,65	924,74	924,54	0,15	0,72	0,22
F3-F4	Sekunder	0,25	924,05	923,81	923,94	923,70	0,15	0,82	0,20
F4-F5	Sekunder	0,27	923,21	922,94	923,10	922,83	0,15	0,80	0,91
F5-F6	Sekunder	0,24	922,34	922,10	922,23	921,99	0,15	1,51	0,11

Jalur Pipa	Keterangan	Headloss (m)	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah Pipa Akhir (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
F6-F7	Sekunder	0,24	921,50	921,27	921,39	921,16	0,15	0,71	0,11
F7-F	Sekunder	0,26	920,67	920,41	920,56	920,30	0,15	0,71	0,05
F-G	Primer	1,84	920,23	918,39	920,02	918,18	0,15	0,33	0,33
G1-G	Sekunder	5,80	924,27	918,46	924,16	918,35	0,15	0,76	0,16
G-H	Primer	1,60	918,39	916,79 916,179	918,18	916,58	0,15	0,33	1,02
H-IPAL A	Primer	0,61	916,79	772	916,58	915,97	0,15	1,02	1,02

Pada akhir jalur C1 – C dipasang *drop manhole* karena pipa C1 – C memiliki beda tinggi 0,8 meter menuju pipa primer B – C.

Tabel 5. 33 Penanaman Blok B

Jalur Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Elevasi Medan (m)		Slope Medan	Slope Pipa	Diameter dalam pipa (mm)	Diameter luar pipa (mm)
			awal	akhir				
A1-A	Sekunder	666,87	918,06	918,97	-0,0014	0,005	134,5	140
A-B	Primer	66,49	918,97	913,79	0,0779	0,015	134,5	140
B1-B2	Sekunder	43,11	922,63	921,33	0,0302	0,015	109,9	114
B2-B3	Sekunder	39,77	921,33	920,14	0,0299	0,015	109,9	114
B3-B4	Sekunder	39,99	920,14	918,94	0,0300	0,015	109,9	114
B4-B5	Sekunder	40,16	918,94	917,74	0,0299	0,015	109,9	114
B5-B6	Sekunder	39,70	917,74	916,55	0,0300	0,015	109,9	114

Jalur Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Elevasi Medan (m)		Slope Medan	Slope Pipa	Diameter dalam pipa (mm)	Diameter luar pipa (mm)
			awal	akhir				
B6-B7	Sekunder	25,90	916,55	915,79	0,0294	0,015	109,9	114
B7-B8	Sekunder	23,99	915,79	915,47	0,0133	0,015	109,9	114
B8-B9	Sekunder	40,27	915,47	913,83	0,0407	0,015	109,9	114
B9-B	Sekunder	34,81	913,83	913,79	0,0011	0,004	109,9	114
B-C	Primer	278,82	913,79	915	-0,0043	0,004	158,6	165
C1-C	Sekunder	114,23	915,61	915	0,0053	0,0195	109,9	114
C-D	Primer	125,35	915	915,31	-0,0025	0,005	158,6	165
D2-D1	Sekunder	181,28	919,58	917,75	0,0101	0,015	109,9	114
D1-D	Sekunder	162,12	917,75	915,31	0,0151	0,015	158,6	165
D-IPAL	Primer	6,19	915,31	915,31	0,0000	0,006	207,7	216

Lanjutan Penanaman Blok B

Jalur Pipa	Keterangan	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah Pipa Akhir (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
A1-A	Sekunder	917,26	913,93	917,13	913,79	0,15	0,78	5,03
A-B	Primer	913,93	912,93	913,79	912,79	0,15	5,03	0,85
B1-B2	Sekunder	921,83	921,18	921,72	921,07	0,15	0,76	0,11
B2-B3	Sekunder	920,58	919,98	920,47	919,87	0,15	0,71	0,12
B3-B4	Sekunder	919,39	918,79	919,28	918,68	0,15	0,71	0,11
B4-B5	Sekunder	918,19	917,59	918,08	917,48	0,15	0,71	0,11
B5-B6	Sekunder	916,99	916,39	916,88	916,28	0,15	0,71	0,12

Jalur Pipa	Keterangan	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah Pipa Akhir (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
B6-B7	Sekunder	915,80	915,41	915,69	915,30	0,15	0,71	0,34
B7-B8	Sekunder	915,02	914,66	914,91	914,55	0,15	0,73	0,77
B8-B9	Sekunder	914,29	913,69	914,18	913,58	0,15	1,14	0,10
B9-B	Sekunder	913,09	912,95	912,98	912,84	0,15	0,70	0,80
B-C	Primer	912,94	911,83	912,78	911,67	0,15	0,86	3,18
C1-C	Sekunder	914,61	912,38	914,50	912,27	0,15	0,96	2,58
C-D	Primer	911,83	911,20	911,67	911,04	0,15	3,18	4,12
D2-D1	Sekunder	918,78	916,06	918,67	915,95	0,15	0,76	1,65
D1-D	Sekunder	913,64	911,20	913,48	911,04	0,15	4,12	4,12
D-IPAL B	Primer	911,22	911,19	911,02	910,98	0,15	4,14	4,18

Pada akhir jalur D2 – D1 dipasang *drop manhole* karena pipa D2 – D1 memiliki beda tinggi 2,47 meter menuju pipa primer B – C.

Tabel 5. 34 Penanaman Blok C

Jalur Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Elevasi Medan (m)		Slope Medan	Slope Pipa	Diameter dalam pipa (mm)	Diameter luar pipa (mm)
			awal	akhir				
A1-A	Sekunder	365,81	927,86	926,59	0,0035	0,005	109,9	114
A-B	Primer	494,32	926,59	922,63	0,0222	0,0195	109,9	114
B1-B	Sekunder	355,07	922,93	922,63	0,0008	0,005	109,9	114
B-C	Primer	305,14	922,63	915,62	0,0230	0,015	109,9	114

Jalur Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Elevasi Medan (m)		Slope Medan	Slope Pipa	Diameter dalam pipa (mm)	Diameter luar pipa (mm)
C1-C	Sekunder	259,86	921,41	915,62	0,0223	0,0195	109,9	114
C-IPAL C	Primer	119,72	915,62	915,01	0,0051	0,005095	109,9	114

Lanjutan Penanaman Blok C

Jalur Pipa	Keterangan	Headloss (m)	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah Pipa Akhir (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
A1-A	Sekunder	1,83	927,06	925,23	926,95	925,12	0,15	0,76	1,47
A-B	Primer	9,64	925,231	915,59	925,12	915,48	0,15	1,32	7,15
B1-B	Sekunder	1,78	921,73	919,95	921,62	919,84	0,15	1,16	2,79
B-C	Primer	4,58	915,5917	911,01	915,48	910,90	0,15	7,00	4,72
C1-C	Sekunder	5,07	920,61	915,54	920,50	915,43	0,15	0,76	0,19
C-IPAL C	Primer	0,61	911,0146	910,40	910,90	910,29	0,15	4,57	4,72

Pada akhir jalur B1 - B dipasang *drop manhole* karena pipa B1 - B memiliki beda tinggi 4,36 meter menuju pipa primer B – C dan pada akhir jalur B1 - B dipasang *drop manhole* karena pipa D1 - D memiliki beda tinggi 4,53 meter menuju pipa primer C – IPAL C.

Tabel 5. 35 Penanaman Blok D

Jalur Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Elevasi Medan (m)		Slope Medan	Slope Pipa	Diameter dalam pipa (mm)	Diameter luar pipa (mm)
A1 - A	Sekunder	608,35	915,00	911,52	0,006	0,01	109,9	114

Jalur Pipa	Keterangan	L Pipa (m)	Elevasi Medan (m)		Slope Medan	Slope Pipa	Diameter dalam pipa (mm)	Diameter luar pipa (mm)
			awal	akhir				
A-B	Primer	72,77	911,52	909,52	0,027	0,01	109,9	114
D1-D	Sekunder	202,01	916,53	915,62	0,005	0,006	158,6	165
D-C	Primer	337,43	915,62	911,96	0,011	0,006	158,6	165
C1-C	Sekunder	401,57	914,63	911,96	0,007	0,012	158,6	165
C-B	Primer	72,64	911,96	909,52	0,034	0,0195	207,7	216
B-IPAL	Primer	6,98	909,52	909,52	0,000	0,005	207,7	216

Lanjutan Penanaman Blok D

Jalur Pipa	Keterangan	Headloss (m)	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah Pipa Akhir (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
A1 - A	Sekunder	6,08	914,20	908,12	914,09	908,01	0,15	0,76	3,5
A-B	Primer	0,73	908,12	907,39	908,01	907,28	0,15	3,36	2,2
D1-D	Sekunder	1,21	915,03	913,82	914,87	913,66	0,15	1,51	2,0
D-C	Primer	2,02	913,82	911,79	913,66	911,63	0,15	1,81	0,3
C1-C	Sekunder	4,82	913,83	909,01	913,67	908,85	0,15	0,81	3,1
C-B	Primer	1,42	908,81	907,39	908,60	907,18	0,15	3,21	2,3
B-IPAL	Primer	0,03	907,39	907,35	907,18	907,14	0,15	2,19	2,4

5.3 Manhole

Pada sistem jaringan pipa air limbah Kecamatan Guguk Panjang dilengkapi dengan bangunan pelengkap sebagai penunjang daya dukung pengaliran air limbah diantaranya *manhole*.

Bangunan pelengkap *manhole* berguna sebagai jalan masuknya petugas pengontrol saluran. Pada perencanaan ini, *manhole* diletakkan pada setiap jarak 50 – 250 m dengan ukuran *manhole* yang bervariasi, tergantung pada diameter pipanya. Jarak antar *manhole* dapat dilihat pada Tabel 5. 36.

Tabel 5. 36 Jarak antar Manhole pada Jalan Lurus

Diameter Pipa (mm)	Jarak antar <i>manhole</i> (m)
20-50	50-75
50-75	75-125
100-150	125-150
150-200	150-200
1000	100-150

Sumber : Dinas PU, 2017

Manhole dindingnya terbuat dari beton bertulang yang sudah dibuat di pabrik dengan ketebalan dinding 10 cm dan lubang tutupnya berdiameter 80 cm. Untuk perencanaan ini ada 4 jenis *manhole* yang digunakan yaitu:

- Manhole* lurus
- Manhole* belok
- Manhole* pertigaan
- Drop Manhole*

Typical manhole yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran Gambar TA PT – 01 halaman 19 – 20.

Berikut ini contoh perhitungan kebutuhan *manhole* pada IPAL A.

Diketahui : Blok A

Saluran A1-A2:

- Panjang saluran = 326,27 m
- Diameter inner terpasang = 109,9 mm
- Jarak antar *manhole* = 150 m

- Jumlah *manhole* lurus = $(326,27 / 150) = 2$ buah
- *Manhole* yang digunakan :
 - *manhole* lurus = 2 buah
 - *manhole* belokan = 0 buah

Perhitungan jumlah manhole dan tipe manhole yang ada pada setiap saluran dapat dilihat pada Tabel 5. 38, Tabel 5. 39, Tabel 5. 40, Tabel 5. 41.

Tabel 5. 37 *Manhole* di Blok A

Jalur	Panjang Jalur (m)	Jarak antar MH	Manhole lurus	manhole belokan	manhole pertigaan	Drop Manhole	Total
A1-A	326,27	150	2	0	0	0	2
A-B	148,39	150	0	1	1	0	2
B1-B	328,46	150	2	2	0	0	4
B2-B	248,48	150	1	5	0	0	6
B-C	183,91	150	1	1	0	0	2
C1-C	225,05	150	1	0	0	1	2
C-D	226,67	150	0	4	0	0	4
D-E	188,02	150	0	2	1	0	3
E1-E	319,80	150	2	2	0	0	4
E-F	123,74	150	0	1	1	0	2
F1-F2	16,81	150	1	0	0	0	1
F2-F3	12,93	150	1	0	0	0	1
F3-F4	16,37	150	1	0	0	0	1
F4-F5	18,07	150	1	0	0	0	1
F5-F6	15,72	150	1	0	0	0	1
F6-F7	15,70	150	1	0	0	0	1
F7-F	17,30	150	1	0	0	0	1
F-G	236,62	150	1	1	1	0	3
G1-G	580,38	150	3	17	0	0	20
G-H	145,10	150	0	1	0	0	1
H-IPAL							
A	35,21	150	0	1	0	0	1

Tabel 5. 38 Manhole di Blok B

Jalur	Panjang Jalur (m)	Jarak antar MH	Manhole lurus	manhole belokan	manhole pertigaan	Drop Manhole	Total
A1-A	666,87	150	4	12	0	0	16
A-B	66,49	150	0	1	1	0	2
B1-B	43,11	150	0	7	1	0	8
B-C	278,82	150	0	2	1	0	3
C1-C	114,23	150	0	2	0	0	2
C-D	125,35	150	0	1	1	1	3
D2-D1	181,28	150	1	0	0	0	1
D1-D	162,12	150	1	2	0	1	4
D-IPAL B	6,19	150	0	0	0	0	0

Tabel 5. 39 Manhole di Blok C

Jalur	Panjang Jalur (m)	Jarak antar MH	Manhole lurus	manhole belokan	manhole pertigaan	Drop Manhole	Total
A1-A	114,23	150	2	6	0	0	8
A-B	125,35	150	2	6	1	0	9
B1-B	181,28	150	1	5	0	0	6
B-C	0,00	150	1	7	1	0	9
C1-C	0,00	150	0	1	0	0	1
C-IPAL C	0,00	150	1	0	0	0	1

Tabel 5. 40 Manhole di Blok D

Jalur	Panjang Jalur (m)	Jarak antar MH	Manhole lurus	manhole belokan	manhole pertigaan	Drop Manhole	Total
A1 - A	608,35	150	0	15	0	0	15
A-B	72,77	150	0	1	0	0	1
D1-D	202,01	150	1	5	0	0	6
D-C	337,43	150	1	6	0	0	7
C1-C	401,57	150	2	3	0	0	5
C-B	72,64	150	1	0	1	1	3
B-IPAL D	6,98	150	0	0	0	0	0

5. 4 Profil Hidrolis SPAL

Setelah didapatkan hasil perhitungan penanaman pipa dan jumlah manhole pada masing – masing blok SPAL, selanjutnya menggambar profil hidrolis pipa primer masing – masing blok yang dapat dilihat pada Lampiran Gambar TA PTA – 01 halaman 7 – 18.

5. 5 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah Kecamatan Guguk Panjang dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Tabel 5. 41.

Tabel 5. 41Karakteristik Air Limbah

no	Parameter	Satuan	Hasil uji	Baku mutu
1	TSS	mg/L	20 - 190	30
2	Amoniak	mg/L	17,5 - 76,73	10
3	Minyak dan Lemak	mg/L	0,6 - 2,1	5
4	BOD ₅	mg/L	49,4 - 73,8	30
5	COD	mg/L	140 - 241	100
6	pH		6,8 – 7,21	6 – 9

Sumber:

** Hasil Analisis Laboratorium UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat*

** Keputusan Permen Lingkungan Hidup & Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*

Berdasarkan baku mutu air limbah domestik tersebut, diketahui bahwa karakteristik air limbah domestik pada daerah perencanaan telah melebihi baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air limbah domestik agar *effluent* yang dihasilkan memenuhi baku mutu tersebut.

5. 6 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Pada perencanaan ini direncanakan IPAL dengan kombinasi anaerobik dan aerobik. Bangunan IPAL yang digunakan adalah adalah ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) dan AF (*Aerobic Biofilter*). Desain tipikal bangunan IPAL pada perencanaan yakni melayani 150 KK sehingga akan dilakukan

perencanaan bertahap hingga IPAL memenuhi total pelayanan sebesar 100% dari kapasitas desainnya.

- Kapasitas desain IPAL A melayani 4.162 KK
- Kapasitas desain IPAL B melayani 3.061 KK
- Kapasitas desain IPAL C melayani 2.012 KK
- Kapasitas desain IPAL D melayani 1.130 KK

Berikut ini adalah jumlah unit IPAL komunal yang direncanakan di Kecamatan Guguk Panjang dapat dilihat pada Tabel 5. 42.

Tabel 5. 42 Jumlah Unit IPAL yang dibutuhkan

Nama IPAL	Kapasitas Pelayanan (KK)	Jumlah IPAL Kapasitas 150KK
IPAL A	4.162	28 unit
IPAL B	3.061	20 unit
IPAL C	2.012	13 unit
IPAL D	1.130	8 unit

5.6.1 Anaerobic Baffled Reactor

Berdasarkan parameter air limbah yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan ABR. Contoh perhitungan akan dilakukan pada tipikal IPAL 150 KK : kriteria desain dari unit ABR dapat dilihat pada Tabel 5. 43.

Tabel 5. 43 Kriteria Desain ABR

No	Parameter	Nilai
1	Panjang <i>baffle</i>	50 - 60% dari ketinggian
2	<i>Upflow velocity</i>	< 2 m/jam
3	<i>Removal BOD</i>	70 - 95%
4	<i>Removal COD</i>	65 - 90%
5	<i>Organic Loading</i>	< 3 kg COD/m ³ .hari (Sasse, 2009) 5-10 kg COD/m ³ .hari (Tchobanoglous <i>et al.</i> , 2003)
6	HRT	Kompartemen 1 : 2 – 6 jam Kompartemen 2 : >8 jam (Sasse, 2009), 6-24 jam (Tchobanoglous <i>et al.</i> , 2003)
7	SRT	> 30 hari

Dimensi Ruang Lumpur dan Kompartemen 1

Diketahui:

- ✓ Jumlah KK = 150 KK
- ✓ Jumlah orang/KK = 5 orang
- ✓ Q peak air limbah = 0,00091 m³/ detik
= 0,91 L/detik
- ✓ Amoniak = 76,73 mg/L
- ✓ Minyak dan lemak = 2,1 mg/L
- ✓ BOD₅ = 73,8 mg/L
- ✓ TSS = 190 mg/L
- ✓ COD = 241 mg/L

Direncanakan :

- ✓ Jumlah kompartemen 1 = 1 unit
- ✓ Td = 3 jam (Kriteria : 2 – 6 jam)
- ✓ Langkah pertama adalah mencari % *removal* BOD dan TSS dengan rumus:
- ✓ $\% \text{ removal} = \frac{td}{a+b.td}$

Nilai a dan b didapatkan dapat dilihat pada Tabel 5.44 (Metcalf dan Eddy, 2003).

Tabel 5. 44 nilai a dan b BOD dan TSS

item	a	b
BOD	0,018	0,02
TSS	0,0075	0,014

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

1. Persen *removal* TSS

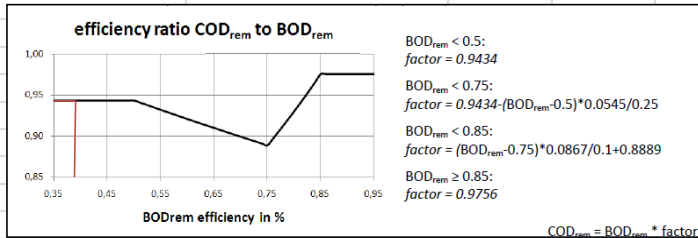
- ✓ $\% \text{ removal TSS} = \frac{HRT}{a+b.HRT}$
- ✓ $\% \text{ removal TSS} = \frac{3}{0,0075+0,014.3}$
- ✓ $\% \text{ removal TSS} = 61\%$

2. Persen *removal* BOD

- ✓ $\% \text{ removal BOD} = \frac{HRT}{a+b.HRT}$
- ✓ $\% \text{ removal BOD} = \frac{3}{0,018+0,02.3}$
- ✓ $\% \text{ removal BOD} = 38\%$

3. Persen *removal* COD

Persen *removal* COD didapatkan pada Gambar 5. 7.



Gambar 5. 7 hubungan COD rem dan BOD rem

Sumber : Sasse, 2009

Berdasarkan Gambar 5. 6 didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{COD removal} &= 94\% \times \text{BOD removal} \\
 &= 94\% \times 38\% \\
 &= 36\%
 \end{aligned}$$

Diketahui :

- ✓ % removal TSS = 61 %
- ✓ % removal COD = 36 %
- ✓ % removal BOD = 38 %

➔ Effluent BOD, TSS, COD

- ✓ TSS = $(100 - 61) \% \times 190 \text{ mg/L}$
= 74,1 mg/L
- ✓ COD = $(100 - 36) \% \times 241 \text{ mg/L}$
= 154,2 mg/L
- ✓ BOD = $(100 - 38) \% \times 73,8 \text{ mg/L}$
= 45,8 mg/L

➔ Massa TSS in, BOD in, COD in

- ✓ Massa TSS in
= % removal TSS x kadar TSS x Q limbah
= $\frac{190 \text{ mg/l} \times 0,91 \text{ l/detik} \times 86400}{1.000.000}$
= 15 Kg/hari
- ✓ Massa BOD in
= kadar TSS x Q limbah

$$= \frac{73,8^{mg/l} \times 0,91^{l/detik} \times 86400}{1.000.000}$$

$$= 5,8 \text{ Kg/hari}$$

✓ Massa COD in

= kadar COD x Q limbah

$$= \frac{241^{mg/l} \times 0,91^{l/detik} \times 86400}{1.000.000}$$

$$= 18,9 \text{ Kg/hari}$$

→ Massa Lumpur TSS, BOD, COD

✓ Massa TSS

= % removal TSS x kadar TSS x Q limbah

$$= \frac{61\% \times 190^{mg/l} \times 0,91^{l/detik} \times 86400}{1.000.000}$$

$$= 9,1 \text{ Kg/hari}$$

✓ Massa BOD

= % removal BOD x kadar BOD x Q limbah

$$= \frac{38\% \times 73,8^{mg/l} \times 0,91^{l/detik} \times 86400}{1.000.000}$$

$$= 2,2 \text{ Kg/hari}$$

✓ Massa COD

= % removal COD x kadar COD x Q limbah

$$= \frac{36\% \times 241^{mg/l} \times 0,91^{l/detik} \times 86400}{1.000.000}$$

$$= 6,8 \text{ Kg/hari}$$

→ Massa TSS out, BOD out, COD out

✓ Massa TSS

= TSS in – lumpur TSS

$$= (15 - 9,1) \text{ Kg/hari}$$

$$= 5,9 \text{ Kg/hari}$$

✓ Massa BOD

= BOD in – lumpur BOD

$$= (5,8 - 2,2) \text{ Kg/hari}$$

$$= 3,6 \text{ Kg/hari}$$

✓ Massa COD

= COD in – lumpur COD

$$= (18,9 - 6,8) \text{ Kg/hari}$$

$$= 12,1 \text{ Kg/hari}$$

→ Produksi Gas Metan

✓ Lumpur BOD	= 2,2 Kg/Hari
✓ BOD in	= 5,8 Kg/Hari
✓ BOD out	= 3,6 Kg/Hari
✓ Q in	= 0,0009 m ³ /det
✓ T	= 25 ⁰ c = 298 K
✓ Y	= 0,05
✓ Kd	= 0,02
✓ θ_c	= 14 hari
✓ ρ_{CH4}	= 0,656 Kg/m ³

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), Pada saat T = 0⁰c,
Volume gas ideal = 0,35 m³.

Persamaan gas ideal:

$$\frac{P \cdot V_1}{n \cdot R \cdot T_1} = \frac{P \cdot V_2}{n \cdot R \cdot T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{0,35}{273} = \frac{V_2}{298}$$

$$V_2 = 0,38 \text{ m}^3$$

Rumus Volume gas metan:

$$V_{CH4} = 0,38 \times (\text{BOD in} - \text{BOD out}) - 1,42 \times P_x$$

$$P_x = \frac{y \times (\text{BOD in} - \text{BOD out})}{1 + K_d \cdot \theta_c}$$

$$P_x = \frac{0,05 \times (5,8 - 3,6)}{1 + 0,02 \cdot 14}$$

$$P_x = 0,085 \text{ Kg/Hari}$$

$$V_{CH4} = 0,38 \times (5,8 - 3,6) - 1,42 \times 0,085$$

$$V_{CH4} = 0,71 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jadi, massa gas metan adalah:

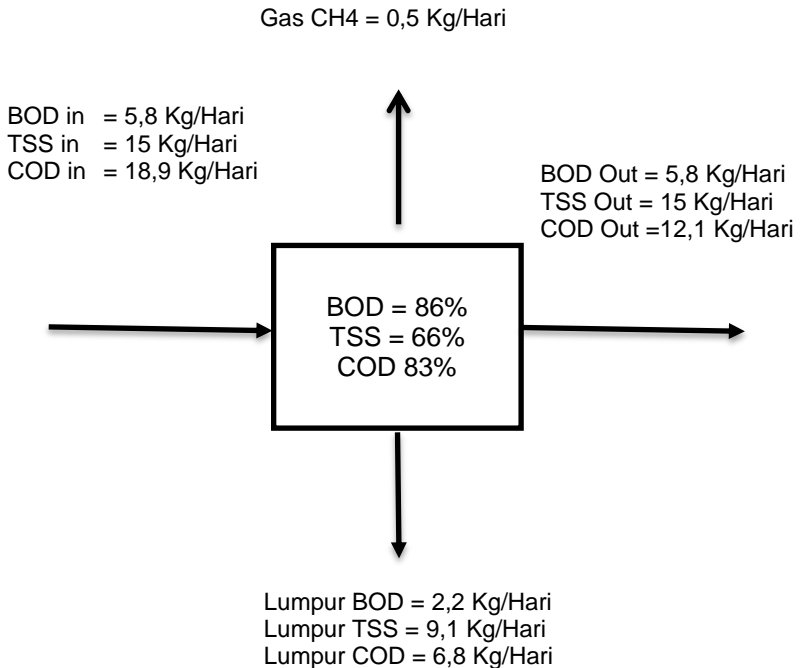
$$\text{massa } CH_4 = V_{CH4} \times \rho_{CH4}$$

$$\text{massa } CH_4 = 0,71 \times 0,656$$

$$\text{massa } CH_4 = 0,5 \text{ Kg/Hari}$$

→ **Mass Balance**

mass balance TSS, BOD, COD dan gas metan pada kompartemen 1 dapat dilihat pada Gambar 5. 8.



Gambar 5. 8 *Mass balance* kompartemen 1

→ **Produksi Lumpur selama 2 tahun (SNI)**

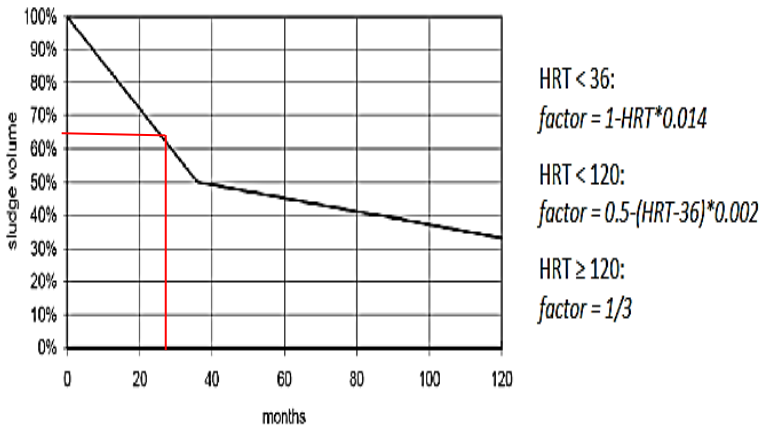
Massa lumpur dihasilkan

= Lumpur TSS x durasi pengurasan

= 9,1 Kg/hari x 2 tahun x 365 hari

= 4.964 Kg tiap 2 tahun

Stabilisasi lumpur setelah 2 tahun atau 24 bulan, maka dapat diketahui prosentase volume lumpur dari Gambar 5. 9.



Gambar 5. 9 hubungan volume lumpur dan HRT
 Sumber : Sasse, 2009

Hubungan antara pengurangan volume lumpur pada bulan tertentu yaitu 62%.

Stabilisasi lumpur 2 tahun
 = 62 % x produksi lumpur
 = 62 % x 4.964 Kg/tahun
 = 3077,7 Kg/ 2 tahun

→ **Densitas Lumpur**

- ✓ Konsentrasi lumpur = 5% ;
- ✓ Densitas lumpur = 2,65 kg/L ;
- ✓ Konsentrasi air = 95 %
- ✓ densitas air = 1 kg/L

$$\text{densitas lumpur} = \frac{(5\% \times \rho \text{ lumpur}) + (95\% \times \rho \text{ air})}{100\%} \\
= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100} \\
= 1,09 \text{ kg/L}$$

→ **Volume Lumpur pada *settling zone***

Volume lumpur = stabilisasi lumpur 2 tahun / ρ Lumpur
 = 3077,7 kg / (1,09 kg/L x 1000 L/m³)
 = 2,8 m³

Menentukan rencana kedalaman air di dalam ruang ABR kompartemen 1

Direncanakan:

- ✓ *Free board* = 30 cm
- ✓ Tebal dinding bawah = 20 cm
- ✓ Tebal dinding atas = 20 cm
- ✓ Tebal dinding plat = 20 cm
- ✓ Ketinggian ABR rencana (H) = 2 m

→ Dimensi Ruang Lumpur dan Kompartemen 1

- Kedalaman ABR (h) = 2 m
- ✓ h ruang lumpur = 30% x h ABR
= 30% x 2 m
= 0,6 m
- ✓ Luas ruang lumpur
- ✓ = Volume lumpur / h ruang lumpur
= $2,8 \text{ m}^3 / 0,6 \text{ m}$
= $4,7 \text{ m}^2$
- ✓ Volume kompartemen I
= $Q_{\text{peak}} \times \text{HRT}$
= $(0,91 \frac{1}{\text{detik}} \times 3 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik/jam}) / 1000$
= $9,8 \text{ m}^3$
- ✓ Luas kompartemen I = Volume / h kompartemen I
= $9,8 \text{ m}^3 / 2 \text{ m}$
= $4,9 \text{ m}^2$
- ✓ Direncanakan lebar = 2 m
- Panjang ruang lumpur = Luas ruang lumpur / lebar
= $4,7 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}$
= 2,4 m
- Panjang kompartemen I = Luas kompartemen I / lebar
= $4,9 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}$
= 2,5 m

Panjang yang digunakan adalah yang memiliki nilai terbesar yaitu 2,5 m. Sehingga kedalaman pada bangunan dapat dihitung sebagai berikut:

- ✓ Kedalaman (h) = $\frac{\text{Volume bak pengendap}}{\text{panjang} \times \text{lebar}}$

$$= \frac{9,8 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}}$$

$$= 2 \text{ m}$$

✓ **Dimensi Kompartemen I**

- ✓ Panjang total + dinding plat
 $= 2,5 \text{ m} + (2 \times 0.20) \text{ m}$
 $= 2,9 \text{ m}$
- ✓ Lebar total + dinding plat
 $= 2 \text{ m} + (2 \times 0.20) \text{ m}$
 $= 2,4 \text{ m}$
- ✓ Kedalaman total
 $= \text{Kedalaman} + \text{freeboard} + \text{dinding plat bawah} + \text{dinding plat atas}$
 $= 2 \text{ m} + 0.3 \text{ m} + 0.2 \text{ m} + 0.2 \text{ m}$
 $= 2,7 \text{ m}$

✓ **Kebutuhan Pipa Vent Kompartemen I**

- ✓ Kecepatan gas metan:

$$v_{\text{CH}_4} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M_r}}$$

$$v_{\text{CH}_4} = \sqrt{\frac{3.0,082 \cdot 298}{16}}$$

$$v_{\text{CH}_4} = 2,1 \text{ L/gr} = 0,00021 \text{ m}^3/\text{gr}$$

Cepat rambat gas metan adalah $9,52 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{det}$

$$v_{\text{CH}_4} = 0,00021 \text{ m}^3/\text{gr} \times 9,52 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{det}$$

$$v_{\text{CH}_4} = 0,02 \text{ m}^3/\text{det} = 1339,62 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- ✓ Diameter pipa vent:

$$Q = A \times v$$

$$0,71 \text{ m}^3/\text{hari} = A \times 1339,62 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$A = 5,3 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$D = 2,5 \text{ cm} = 1''$$

Jadi, pipa vent yang dibutuhkan pada kompartemen 1 berjumlah 1 buah dengan ukuran 1"

Dimensi Kompartemen 2

Diketahui :

Influen BOD, TSS, COD

✓ TSS	= 74,1 mg/L
✓ COD	= 154,2 mg/L
✓ BOD	= 45,8 mg/L

Direncanakan:

✓ $Q_{influent}$	= $Q_{effluent}$ kompartemen 1 = 0,91 L/detik = 0,0009 m ³ /detik = 77,8 m ³ /hari
✓ Rentang HLR HLR rencana	= (16,8 – 38,4) m ³ /m ² .hari = 20 m ³ /m ² .hari (agar luas permukaan tidak terlalu besar, sehingga dimensi tidak terlalu besar)
✓ Jumlah ABR rencana	= 1
✓ HRT rencana	= 11 jam (memenuhi kriteria > 8 jam)

Dimensi Kompartemen 2

Volume ABR

$$\begin{aligned} &= Q_{in} \times HRT \\ &= 77,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times (11/24)\text{hari} \\ &= 35,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Panjang kompartemen

$$\begin{aligned} &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 2,7 \text{ m} \\ &= 1,6 \text{ m (upflow chamber)} \\ P_{downflow chamber} &= 0,25 \text{ m} \\ \text{Lebar kompartemen} &= 2,4 \text{ m} \\ \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume}/H \\ &= 35,7/2,7 \\ &= 13,2 \text{ m} \\ V_{up} &= Q/As \\ &= 77,8/13,2 \\ &= 5,9 \text{ m/hari} \\ &= 0,25 \text{ m/jam (memenuhi)} \end{aligned}$$

Volume kompartemen

$$= P \times L \times H$$

$$= (1,6 + 2 \times 0,2) \times 2,4 \text{ m} \times 2,7 \text{ m}$$

$$= 13 \text{ m}$$

Jumlah kompartemen

$$= \text{volume ABR} / \text{volume kompartemen}$$

$$= 35,7 \text{ m}^3 / 13 \text{ m}^3$$

$$= 3 \text{ buah}$$

Dimensi pipa baffle

$$\text{Direncanakan : } v \text{ aliran} = 0,03 \text{ m/det}$$

$$Q = A \times v \text{ aliran}$$

$$0,009 = A \times 0,03$$

$$A = 0,03 \text{ m}^2$$

Direncanakan pipa baffle berjumlah 3 buah

$$A \text{ baffle} = A/3 = 0,01 \text{ m}^2$$

$$A \text{ baffle} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$0,01 = 0,785 \cdot D^2$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

$$D \text{ pasaran} = 0,114 \text{ mm}$$

Cek Nre:

$$Nre = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

Pada suhu 25°C:

$$\rho = 0,99707 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = 0,8949 \times \frac{10^{-3} \text{ kg}}{\text{m}} \cdot \text{s}$$

$$Nre = \frac{0,03 \cdot 0,114 \cdot 0,99707}{0,8949 \times 10^{-3}}$$

$$= 5,9 \text{ m/hari}$$

$$= 3,8 < 2000 \text{ (aliran laminar)}$$

HRT cek

$$= \text{volume ABR} / Q \text{ tiap unit}$$

$$= (13 \text{ m} \times 3) / 77,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,67 \text{ hari}$$

$$= 16 \text{ jam (memenuhi)}$$

Dimensi Kompartemen

$$\text{Panjang} = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah komp.} = 3 \text{ buah}$$

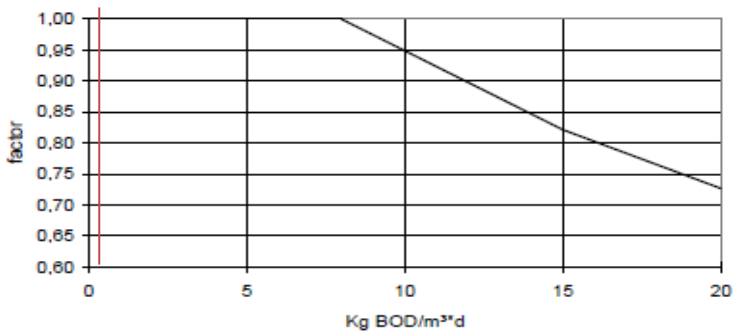
Perhitungan *removal*

$$\begin{aligned}\text{OLR} &= \text{BOD in} \times Q / (n \times V \text{ kompartemen}) \\ &= 0,0458 \text{ Kg/m}^3 \times 77,8 \text{ m}^3/\text{hari} / (3 \times 13 \text{ m}^3) \\ &= 0,1 \text{ Kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}\end{aligned}$$

1. Faktor hubungan *BOD removal* terhadap OLR

Diketahui: $\text{OLR} = 0,1 \text{ Kg BOD/m}^3$

Hubungan *BOD removal* terhadap OLR dapat dilihat pada Gambar 5. 10.



Gambar 5. 10 hubungan *BOD removal* terhadap OLR

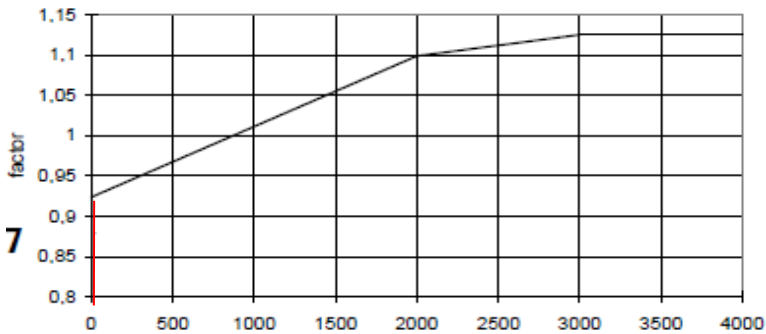
Sumber : Sasse, 2009

Berdasarkan dari gambar 5. 10, didapatkan faktor *BOD removal* = 1

2. Faktor hubungan dari *BOD removal* terhadap konsentrasi *influent* BOD

Diketahui : Konsentrasi *Influent* BOD = 45,8 mg/L

hubungan dari *BOD removal* terhadap konsentrasi *influent* BOD dapat dilihat pada Gambar 5. 11.



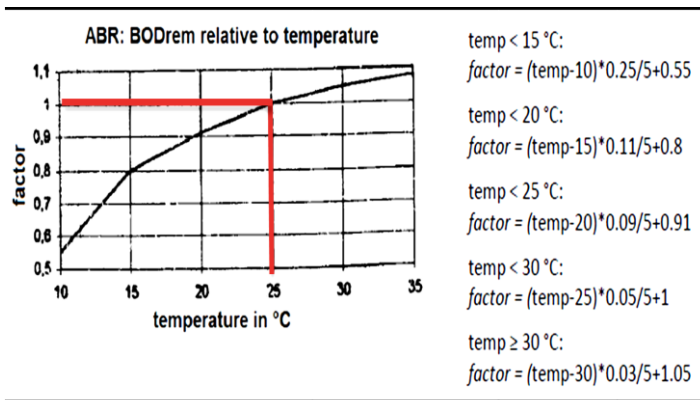
Gambar 5. 11 Hubungan BOD rem terhadap BOD in
Sumber : Sasse, 2009

Berdasarkan dari gambar 5. 11, didapatkan faktor BOD removal = 0,93

3. Faktor dari BOD removal terhadap temperatur

Diketahui :temperatur air limbah 25°C

hubungan BOD rem dengan temperatur dapat dilihat pada Gambar 5.12.



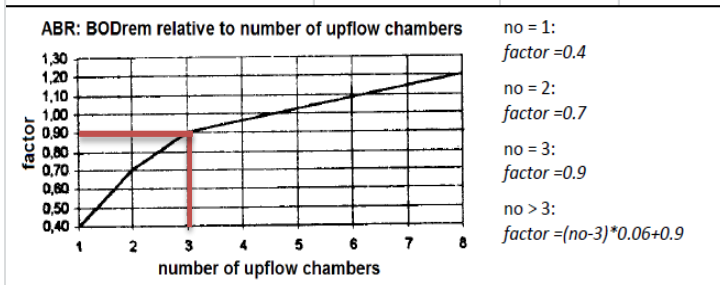
Gambar 5. 12 hubungan BOD rem dengan temperatur
Sumber : Sasse, 2009

Berdasarkan dari gambar 5. 12, didapatkan faktor BOD removal = 1

4. Faktor dari grafik *BOD removal* terhadap jumlah kompartemen ABR

Diketahui : Total kompartemen ABR = 3 kompartemen

Hubungan BOD rem terhadap jumlah kompartemen dapat dilihat pada Gambar 5. 13.



Gambar 5. 13 BOD rem terhadap jumlah kompartemen

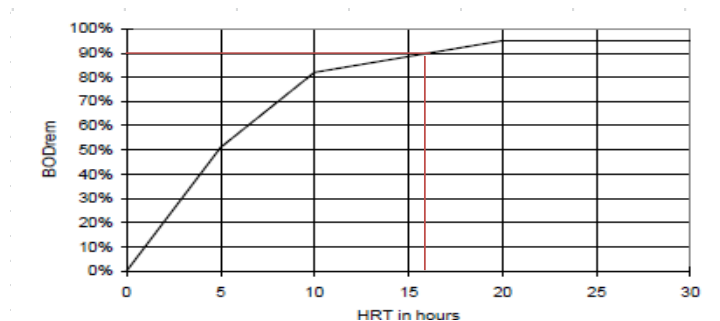
Sumber : Sasse, 2009

Berdasarkan dari gambar 5. 13, didapatkan faktor BOD removal = 0,9

5. Faktor dari *BOD removal* terhadap HRT

Diketahui : HRT = 16 jam.

Hubungan BOD rem terhadap HRT dapat dilihat pada Gambar 5. 14.



Gambar 5. 14 Hubungan BOD rem terhadap HRT

Sumber : Sasse, 2009

Berdasarkan dari gambar 5. 14, didapatkan faktor BOD *removal* = 0,9.

Jadi, % Removal BOD ABR

= $f - \text{OLR} \times f - \text{inf BOD} \times f - \text{suhu} \times f - \text{kompartmenten} \times f - \text{HRT}$

= $1 \times 0,93 \times 1 \times 0,9 \times 0,9$

= 75 %

Perhitungan massa Lumpur ABR

Diketahui:

Influen BOD, TSS, COD:

BOD = 45,8 mg/L

TSS = 74,1 mg/L

COD = 154,2 mg/L

✓ Produksi Lumpur BOD

Range koefisien yield : $\gamma = 0,05 - 1$ (yang digunakan 0,07)

Produksi lumpur

$P_x = \gamma \times \% \text{ removal BOD} \times \text{konsentrasi influent} \times Q_{\text{peak}}$

= $0,07 \times 0,75 \times 0,458 \text{ Kg/m}^3 \times 77,8 \text{ m}^3/\text{hari}$

= 1,9 Kg/hari

✓ Produksi Lumpur TSS

Lumpur TSS = (Konsentrasi TSS – Baku mutu) \times Q peak

= $(74,1 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L}) \times 0,91 \text{ L/detik}$

= 40,1 mg/detik

= 3,6 Kg/hari

✓ Total Lumpur

Total lumpur = Lumpur BOD + Lumpur TSS

= 1,9 Kg/hari + 3,6 Kg/hari

= 5,5 Kg/hari

➔ **Produksi Lumpur selama 2 tahun (SNI)**

Massa lumpur dihasilkan

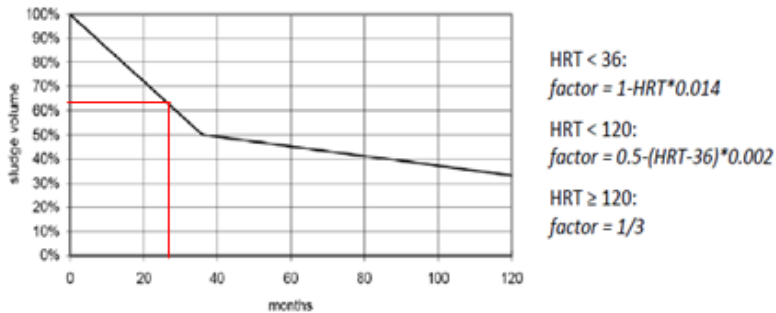
= Total Lumpur \times durasi pengurangan

= $5,5 \text{ Kg/hari} \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari}$

= 4.015 Kg/ 2 tahun

Stabilisasi lumpur setelah 2 tahun atau 24 bulan, maka dapat diketahui prosentase volume lumpur dari grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur pada bulan tertentu yaitu 62

%. Hubungan volume lumpur oleh HRT dapat dilihat pada Gambar 5. 15.



Gambar 5. 15 hubungan volume lumpur oleh HRT
Sumber : Sasse, 2009

Stabilisasi lumpur 2 tahun = 62 % x produksi lumpur
= 62 % x 4015 Kg/2tahun
= 2.489,3 Kg/ 2 tahun

→ **Densitas Lumpur**

- ✓ Konsentrasi lumpur = 5% ;
- ✓ Densitas lumpur = 2,65 kg/L ;
- ✓ Konsentrasi air = 95 %
- ✓ densitas air = 1 kg/L

$$\begin{aligned} \text{densitas lumpur} &= \frac{(5\% \times \rho_{\text{lumpur}}) + (95\% \times \rho_{\text{air}})}{100\%} \\ &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100} \\ &= 1,09 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

→ **Volume Lumpur pada ABR**

Volume lumpur = stabilisasi lumpur 2 tahun / ρ Lumpur
= 2.489,3 kg / 1,09 kg/L
= 2.284 L
= 2,3 m³

Volume lumpur = $P \times L \times t$

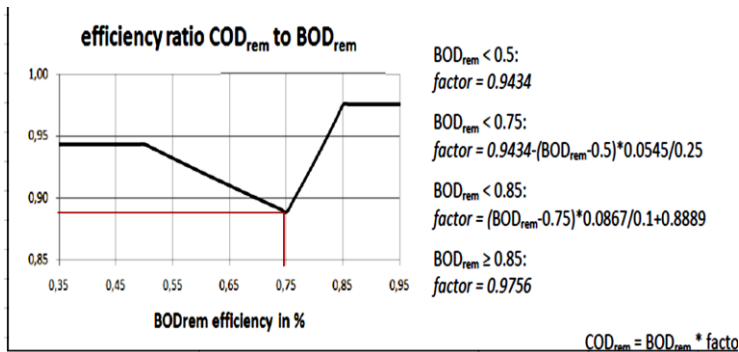
2,3 m = 1,6 m x 2,4 m x t lumpur

t lumpur = 0,6 m

→ **Kualitas Effluent ABR**

- ✓ % removal COD

Rasio COD rem dengan BOD rem dapat dilihat pada Gambar 5. 16.



Gambar 5. 16 Rasio COD rem dengan BOD rem
sumber : Sasse, 2009

berdasarkan Gambar 5. 18 didapatkan faktor nilai %
removal COD adalah 0,89

$$\begin{aligned}\% \text{ Removal COD} &= \% \text{ Removal BOD} \times \text{faktor} \\ &= 75\% \times 0,89 \\ &= 67\% \text{ (memenuhi kriteria 65\% - 90\%)}\end{aligned}$$

% removal TSS

$$\begin{aligned}&= \frac{\text{effluent dari kompartemen I} - \text{effluent baku mutu}}{\text{effluent dari kompartemen I}} \times 100\% \\ &= \frac{74,1 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 30 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{74,1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \times 100\% \\ &= 60\%\end{aligned}$$

- ✓ **Effluent BOD** = (100% – 75%) x Konsentrasi *influent* BOD
= 25 % x 45,8 mg/L
= 11,5 mg/L (**memenuhi baku mutu**)
= 0,9 Kg/hari
- ✓ **Effluent COD** = (100% - 67%) x Konsentrasi COD *influent*
= 27% x 154,2 mg/L
= 33,3 mg/L (**memenuhi baku mutu**)
= 0,26 Kg/hari
- ✓ **Effluent TSS** = (100% -60%) x Konsentrasi TSS *influent*
= 40% x 74,1 mg/L

= 30 mg/L (**memenuhi baku mutu**)

= 2,3 Kg/hari

→ **Produksi Gas Metan**

- Lumpur BOD = 2,7 Kg/Hari
- BOD in = 3,6 Kg/Hari
- BOD out = 0,9 Kg/Hari
- Q in = 0,0009 m³/det
- T = 25⁰c = 298 K
- Y = 0,05
- Kd = 0,02
- θ_c = 14 hari
- ρ_{CH_4} = 0,656 Kg/m³

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), Pada saat T = 0⁰c,
Volume gas ideal = 0,35 m³.

Persamaan gas ideal:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{n \cdot R \cdot T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{n \cdot R \cdot T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{0,35}{273} = \frac{V_2}{298}$$

$$V_2 = 0,38 \text{ m}^3$$

Rumus volume gas metan:

$$V_{CH_4} = 0,38 \times (BOD_{in} - BOD_{out}) - 1,42 \times P_x$$

$$P_x = \frac{Y \times (BOD_{in} - BOD_{out})}{1 + K_d \cdot \theta_c}$$

$$P_x = \frac{0,05 \times (3,6 - 0,9)}{1 + 0,02 \cdot 14}$$

$$P_x = 0,105 \text{ Kg/Hari}$$

$$V_{CH_4} = 0,38 \times (3,6 - 0,9) - 1,42 \times 0,105$$

$$V_{CH_4} = 0,88 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jadi, volume gas metan pada kompartemen 2,3 dan 4 adalah 0,88 m³/hari.

Direncanakan:

Volume gas metan pada kompartemen 2 : 50% gas metan total (kompartemen 2,3 dan 4)

Volume gas metan pada kompartemen 3 : 30% gas metan total (kompartemen 2,3 dan 4)

Volume gas metan pada kompartemen 4 : 20% gas metan total (kompartemen 2,3 dan 4)

$$\begin{aligned} V \text{ gas metan kompartemen 2} &= 50\% \times 0,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,44 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ gas metan kompartemen 3} &= 30\% \times 0,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,264 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ gas metan kompartemen 4} &= 20\% \times 0,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,176 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jadi, massa gas metan adalah:

$$\text{massa CH}_4 \text{ total} = V_{\text{CH}_4} \times \rho_{\text{CH}_4}$$

$$\text{massa CH}_4 \text{ total} = 0,88 \times 0,656$$

$$\text{massa CH}_4 \text{ total} = 0,58 \text{ Kg/Hari}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{Massa CH}_4 \text{ kompartemen 2} &= 50\% \times 0,58 \text{ Kg/hari} \\ &= 0,29 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CH}_4 \text{ kompartemen 3} &= 30\% \times 0,58 \text{ Kg/hari} \\ &= 0,17 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CH}_4 \text{ kompartemen 4} &= 20\% \times 0,58 \text{ Kg/hari} \\ &= 0,12 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

➔ Dimensi Pipa Vent

Pada perencanaan ini, direncanakan pipa vent berjumlah satu buah yang terletak pada kompartemen yang memiliki gas metan terbesar (kompartemen 2).

✓ Kecepatan gas metan:

$$v_{\text{CH}_4} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M_r}}$$

$$v_{\text{CH}_4} = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,082 \cdot 298}{16}}$$

$$v_{\text{CH}_4} = 2,1 \text{ L/gr} = 0,00021 \text{ m}^3/\text{gr}$$

Cepat rambat gas metan adalah $9,52 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{det}$

$$v_{\text{CH}_4} = 0,00021 \text{ m}^3/\text{gr} \times 9,52 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{det}$$

$$v_{CH_4} = 0,02 \text{ m}^3/\text{det} = 1339,62 \text{ m}^3/\text{hari}$$

✓ Diameter pipa vent:

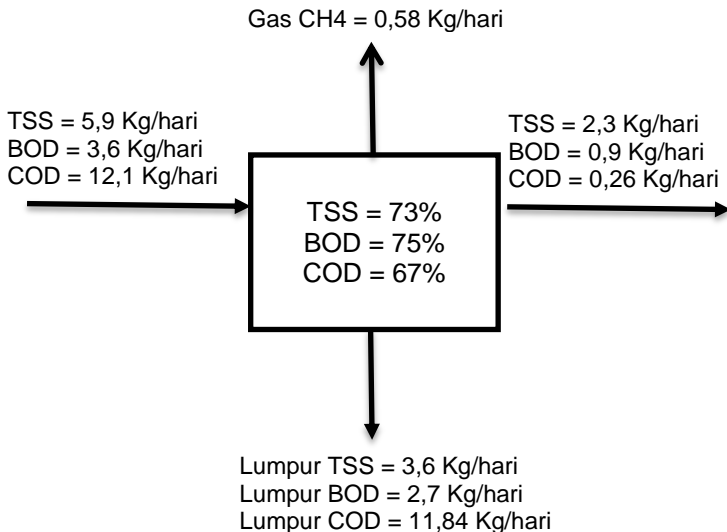
$$\begin{aligned} Q &= A \times v \\ 0,88 \text{ m}^3/\text{hari} &= A \times 1339,62 \text{ m}^3/\text{hari} \\ A &= 6,5 \text{ cm}^2 \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ D &= 2,8 \text{ cm} = 1'' \end{aligned}$$

Jadi, pipa vent yang dibutuhkan pada kompartemen 2,3 dan 4 berjumlah 1 buah dengan ukuran 1"

Dari hasil kualitas effluent apabila dibandingkan dengan baku mutu, BOD, COD, TSS telah memenuhi baku mutu limbah domestik. Amoniak diremoval dengan menggunakan *aerobic biofilter*.

→ **Mass Balance TSS, BOD dan COD**

Mass balance TSS, BOD dan COD dapat dilihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5. 17 *Mass balance* kompartemen 2 - 4

5.6.2 **Aerobik Biofilter**

Unit AF (*aerobic biofilter*) merupakan bioreaktor yang berisi media sarang tawon sebagai media pertumbuhan mikroorganisme (biofilm). Reaktor ini direncanakan memiliki 1 ruangan. Removal NH₃ 91,42%, COD 74,77%, BOD 52,95% dan TSS 72,76% (Sarasdewi, 2015). Kriteria desain AF dapat dilihat pada Tabel 5. 46.

Tabel 5. 45 Kriteria Desain untuk Biofilter Aerobik

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Organic loading rate (OLR)	BOD/m ³ .hari	0,5-4
2	Hydraulic loading rate (HLR)	m ³ /m ² .jam	1-5
3	Waktu tinggal (td)	jam	6-8

Sumber: Said (2002)

Diketahui:

- ✓ Jumlah KK = 150 KK
- ✓ Jumlah orang/KK = 5 orang
- ✓ Q rata-rata air limbah = 0,00031 m³/det
= 0,31 L/detik
= 1,1 m³/jam
= 26,78 m³/Hari
- ✓ TSS = 30 mg/L
- ✓ Amoniak = 76,73 mg/L
- ✓ BOD₅ = 11,5 mg/L
- ✓ COD = 33,3 mg/L

Direncanakan:

- ✓ OLR = 0,5 kg BOD/m³.hari
- ✓ HLR = 1 m³/m².jam
- ✓ Td = 7 jam

➔ **Volume AF**

- ✓ $OLR = \frac{Q \times So}{V}$
- ✓ $V = \frac{Q \times So}{OLR}$
- ✓ $V = \frac{26,8 \times 0,115 \text{ mg/L}}{0,5 \text{ kgBOD/m}^3.\text{hari}}$
- ✓ V = 8,3 m³

➔ **Dimensi AF**

- ✓ $HLR = \frac{Q}{A}$
- ✓ $As = \frac{Q}{HLR}$
- ✓ $As = \frac{1,1 \text{ m}^3/\text{jam}}{1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}}$
- ✓ $As = 1,1 \text{ m}^2$
- ✓ H rencana = 2,7 m
- ✓ L rencana = 2,4 m
- ✓ $V = P \times L \times H$
- ✓ $8,3 = P \times 2,4 \times 2,7$
- ✓ $P = 1,3 \text{ m}$
- Dimensi AF dengan dinding:
- ✓ Panjang AF = 1,3 m
- ✓ Lebar AF = 2,4 m
- ✓ Tinggi AF = 2,7 m

➔ Volume media

- ✓ Menurut Irnani dan Sugito (2016), volume media adalah 40% dari volume reaktor.
- ✓ Volume media = $40\% \times 4,3 \text{ m}^3$
= $1,7 \text{ m}^3$
- ✓ H media = 1,5 m
- ✓ L media rencana = 2 m
- ✓ P media rencana = 0,9 m
- ✓ Tinggi media = $\frac{v \text{ media}}{As}$
- ✓ Tinggi media = $\frac{1,7}{0,9 \times 2}$
- ✓ Tinggi media = 0,9 m

➔ Effluent NH₃, BOD, TSS dan COD

Diketahui :

- ✓ % removal TSS = 73%
- ✓ % removal BOD = 53 %
- ✓ % removal COD = 75 %
- ✓ % removal NH₃ = 91 %
- ✓ TSS eff = $(100 - 73) \% \times 30 \text{ mg/L}$
= 8,1 mg/L (**memenuhi baku mutu**)
- ✓ COD eff = $(100 - 75) \% \times 33,3 \text{ mg/L}$
= 26,4 mg/L (**memenuhi baku mutu**)

- ✓ BOD eff = $(100 - 53) \% \times 11,5 \text{ mg/L}$
= 8,3 mg/L (**memenuhi baku mutu**)
- ✓ NH₃ eff = $(100 - 91) \% \times 76.7 \text{ mg/L}$
= 6.9 mg/L (**memenuhi baku mutu**)

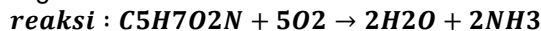
➔ Produksi Lumpur

- ✓ Diketahui :
- ✓ Q rata-rata air limbah = 0,31 L/detik = 26,78 m³/hari
- ✓ S₀ = 11,5 mg/L
- ✓ S_e = 8,3 mg/L
- ✓ Y_{obs} = 0,65 (digunakan untuk removal BOD dan nitrifikasi)

$$P_x = \frac{0,65 \times Q \times (S_0 - S_e)}{1000}$$

$$P_x = \frac{0,65 \times 26,78 \text{ m}^3/\text{hari} \times (11,5 - 8,3) \text{ mg/L}}{1000}$$

$$P_x = 0,01 \text{ kg/ hari}$$



$$R_e = \frac{Mr_{O_2}}{Mr_{cell}}$$

$$R_e = 1,42$$

$$\begin{aligned} R_o &= Q \times (S_0 - S_e) - R_e \times P_x \\ &= 26,78 \times (0,115 - 0,0083) - 1,42 \times 0,01 \\ &= 2,8 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

➔ Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan oksigen di dalam unit biofilter ekuivalen dengan jumlah BOD yang dihilangkan. Menurut Said (2002), angka keamanan kebutuhan oksigen untuk biofilter aerob adalah 1.4.

Diketahui:

- ✓ Q rata - rata air limbah : 0,31 L/detik = 26,78 m³/hari
- ✓ BOD₅ influen [S₀] : 11,5 mg/l
- ✓ BOD₅ effluen [S_e] : 8,3 mg/l
- ✓ Suhu udara : 25°C
- ✓ α : 0,5
- ✓ β : 0,95 (KD: 0,95-0,98)
- ✓ C_{walt} (25°C) : 8,38 (Reynold, 1996)
- ✓ F_a : 0,9

- ✓ Cs : 9,17 (Reynold, 1996)
- ✓ Ct : 2 mg/l
- ✓ Berat udara : 1,172 kg/m³
- ✓ %Oksigen di udara : 23,2%

Spesifikasi Diffuser:

- ✓ tipe : HIBLOW 200
- ✓ Kapasitas transfer : 1,2 m³ O₂/hari Kebutuhan Oksigen
- ✓ Power : 200 watt
- ✓ Pipa outlet : ½ inchi
- ✓ Kelistrikan : 1 fase

- ✓ Beban BOD = Q x (So-Se)
= 26,78 m³/hari x (0,115-0,083) kg/m³
= 0,86 kg/hari
- ✓ O₂ Teoritis = Beban BOD x Faktor keamanan
= 0,86 kg/hari x 1,4
= 1,2 kg/hari

- ✓ SOR
= 02 teoritis x $\left[\frac{b \times C_{\text{walt}} \times F a - C_t}{C_s} \right] \times 1,024^{T-20} \times a$
= 1,2 x $\left[\frac{0,95 \times 8,38 \times 0,9 - 2}{9,17} \right] \times 1,024^{25-20} \times 0,5$
= 0,38 kg O₂/hari

- ✓ Keb Udara = $\frac{\text{SOR}}{\text{Berat udara} \times \% \text{ Oksigen di udara}}$
= $\frac{0,38 \text{ kg/hari}}{1,172 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 23,2\%}$
= 1,4 m³/hari

- ✓ Keb Blower = $\frac{\text{Kebutuhan Udara}}{\text{Kapasitas Transfer}}$
= $\frac{1,4 \text{ m}^3/\text{hari}}{1,2 \text{ m}^3/\text{hari}}$
= 2 buah

- ✓ Power = 2 buah x 200 watt
= 400 watt

- ✓ Keb. Energi = daya blower x 24 jam
Keb. Energi = 400 watt x 24 jam
Keb. Energi = 9,6 KWh

Bila harga listrik 1 KWh adalah adalah Rp. 1467,28/KWh, maka biaya operasional energi listrik untuk blower adalah:

- ✓ Biaya = Rp. 1467,28/KWh x 9,6 KWh
- ✓ Biaya = Rp. 14.086/hari

➔ Kebutuhan Nutrien

- ✓ NH_3 in = 76,7 mg/L = 0,0767 kg/m³
- ✓ N Input = Q x TKN
= 26,78 m³/hari x 0,0767 kg/m³
= 2,05 kg/hari
- ✓ % Sel = Berat Atom Nitrogen/Berat molekul
= 14/113 x 100%
= 12%
- ✓ N sintesa sel = % sel x Px
= 12% x 0,01 kg/hari
= 0,0012 kg/hari
- ✓ Sisa N = N input – N sintesa sel
= 2,05 – 0,0012
= 2,048 kg/hari (Terjadi Nitrifikasi)

➔ Perhitungan Nitrifikasi

Diketahui:

- ✓ K : 6 gr COD/gr VSS.hari
- ✓ K_n : 0,7 kg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{m}^3$ (KD : 0,5 -17 kg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{m}^3$)
- ✓ Se : 12,8 mg/L = 0,0128 Kg/m³
- ✓ S_n : 76,7 mg/L = 0,0768 Kg/m³
- ✓ Y_n : 0,15 gram VSS/ gram substrat (KD : 0,01 – 0,15) kg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{m}^3$)
- ✓ Utilitas Substrat(U) = $\frac{K \cdot Se}{K_n + S_n}$
- ✓ $U = \frac{6 \times 0,128}{0,7 + 0,768}$
- ✓ $U = 0,5/\text{hari}$

➔ Waktu untuk Nitrifikasi

Direncanakan:

- θ_C = 10 Hari
- XMLSS = 3500 mg/L
- X MLVSS= 0,8 MLSS
= 0,8 . 3.500 mg/L

$$= 2.800 \text{ mg/L}$$

$$= 2,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\checkmark \theta N = \frac{SoN - SeN}{uxXMLVSS}$$

$$\checkmark \theta N = \frac{(0,0767 - 0,0128) \text{ Kg/m}^3}{0,5 \text{ /hari} \times 2.8 \text{ kg/m}^3}$$

$$\checkmark \theta N = 0,046 \text{ hari} = 1,1 \text{ jam}$$

akibat nitrifikasi : Px dan Kebutuhan O2 harus dikoreksi

$$\text{Nox} = \text{TKN} - \text{Sef N} - 0,12 \text{ Px bio/Q}$$

$$= (0,0767 - 0,0069) \text{ kg/m}^3 - (0,12 \times 0,25 \text{ kg/hari} / 26,78 \text{ m}^3/\text{hari})$$

$$= 0,0698 \text{ kg/m}^3 - 0,00112 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,0586 \text{ kg/m}^3$$

→ Koreksi Kebutuhan O2

$$\checkmark \text{ Px Bio Baru}$$

$$= \text{Px Bio} + \text{Px Nitrifikasi}$$

$$= \text{Px Bio} + \frac{Q \times yn \times \text{Nox}}{1 + kd \cdot \theta C}$$

$$= 0,01 \text{ kg/hari} + \frac{26,78 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,15 \text{ gr VSS/grsubstrat} \times 0,0586 \text{ kg/m}^3}{1 + (0,016 \times 10 \text{ Hari})}$$

$$= 0,01 \text{ kg/hari} + 0,19 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,2 \text{ kg/hari}$$

$$\checkmark \text{ Ro Baru}$$

$$= \text{Ro} + 4,57 \times Q \times \text{NOx}$$

$$= 2,8 \text{ Kg/hari} + 4,57 \times 26,78 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,0586 \text{ kg/m}^3$$

$$= 2,8 \text{ Kg/hari} + 7,2 \text{ kg/hari}$$

$$= 10 \text{ kg/hari}$$

→ Koreksi Produksi Lumpur Total

$$\checkmark \text{ Px TSS}$$

$$= \frac{\text{Px Bio baru} + \text{Px Nitrifikasi}}{MLVSS/MLSS}$$

$$= \frac{0,2 \text{ kg/hari} + 0,19 \text{ kg/hari}}{0,8}$$

$$= 0,5 \text{ kg/hari}$$

→ Produksi Lumpur selama 2 tahun (SNI)

Massa lumpur dihasilkan

$$= \text{Total Lumpur} \times \text{durasi pengurasan}$$

$$= 0,5 \text{ Kg/hari} \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari}$$

$$= 365 \text{ Kg/ 2 tahun}$$

➔ **Densitas Lumpur**

- ✓ Konsentrasi lumpur = 5% ;
- ✓ Densitas lumpur = 2,65 kg/L ;
- ✓ Konsentrasi air = 95 %
- ✓ densitas air = 1 kg/L

$$\begin{aligned} \text{densitas lumpur} &= \frac{(5\% \times \rho \text{ lumpur}) + (95\% \times \rho \text{ air})}{100\%} \\ &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100} \\ &= 1,09 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

➔ **Volume Lumpur pada AF**

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \text{stabilisasi lumpur 2 tahun} / \rho \text{ Lumpur} \\ &= 365 \text{ kg} / 1,09 \text{ kg/L} \\ &= 335 \text{ L} \\ &= 0,335 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= P \times L \times t \\ 0,335 \text{ m} &= 1,3 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times t \\ t \text{ lumpur} &= 0,12 \text{ m} \end{aligned}$$

5.7 Rencana Lokasi IPAL

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan IPAL diketahui luas lahan yang dibutuhkan untuk membangun IPAL.150 KK. Luas total IPAL 150 KK dapat dilihat pada Tabel 5. 46. Gambar dan potongan IPAL dapat dilihat pada Lampiran Gambar TA PT – 01 halaman 21 – 22.

Tabel 5. 46 Luas total IPAL 150 KK

IPAL	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)
ABR komp 1	2,9	2,4	2,7	6,96
ABR Komp 2 (Jumlah Kompartemen = 3 Unit)	4,8	2,4	2,7	11,52
AF	1,3	2,4	2,7	3,12
Luas Total				21,6

Perencanaan pembangunan IPAL diletakkan di lahan kosong yang terdapat di 4 blok pelayanan diantaranya di Kelurahan Pakan Kurai, Kelurahan Aur Tajunggang Tengah

Sawah, Kelurahan Kayu Kubu dan Kelurahan Bukit Apit Puhun. Luas lahan IPAL dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 5. 47.

Tabel 5. 47 Luas Lahan IPAL

Nama IPAL	Lokasi IPAL	Jumlah IPAL (1 IPAL melayani 150KK)	Luas Lahan (m²)
IPAL A	K. Pakan Kurai	28	605
IPAL B	K.Aur Tajungkang Tengah Sawah	20	432
IPAL C	K. Kayu Kubu	13	281
IPAL D	K. Bukit Apit Puhun	8	173

5.8.1 Lokasi IPAL A

IPAL A berlokasi di Kelurahan Pakan Kurai dengan luas lahan 1203,61 m². Rencana lokasi IPAL A dapat dilihat pada Gambar 5. 20.



Gambar 5. 18 Lokasi IPAL A

Sumber : hasil survei

5.8.2 Lokasi IPAL B

IPAL B berlokasi di Kelurahan Aur Tajungkang Tengah Sawah dengan luas lahan 1035,1 m². Rencana lokasi IPAL B dapat dilihat pada Gambar 5. 21.



Gambar 5. 19 Lokasi IPAL B
Sumber : hasil survei

5.8.3 Lokasi IPAL C

IPAL C berlokasi di Kelurahan Kayu Kubu dengan luas lahan 1071,5 m². Rencana lokasi IPAL C dapat dilihat pada Gambar 5. 22.



Gambar 5. 20 Lokasi IPAL C
Sumber : hasil survei

5.8.4 Lokasi IPAL D

IPAL D berlokasi di Kelurahan Bukit Apit Puhun dengan luas lahan 1126,3 m². Rencana lokasi IPAL D dapat dilihat pada Gambar 5. 23.



Gambar 5. 21 Lokasi IPAL D
Sumber : hasil survei

5. 8 Profil Hidrolis IPAL

Profil hidrolis menggambarkan perbedaan muka air dari inlet hingga outlet IPAL. Penurunan muka air disebabkan oleh beberapa hal, antara lain tekanan akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan, aliran di *baffled channel* dan media filter (Zainudin *et al.*, 2012).

5.8.1 Profil Hidrolis IPAL A

IPAL A terdiri dari 1 unit ABR dengan 4 kompartemen dan 1 unit AF dengan kedalaman IPAL adalah 2,7 meter.

✓ Headloss ABR (Kompartemen 1):

Diketahui:

$$\begin{aligned} L &= 2,9 \text{ m} \\ D &= 0,216 \text{ m} \\ v &= 0,01 \text{ m/det} \\ g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

rumus perhitungan headloss di Kompartemen 1 ABR dapat dilihat pada persamaan 2. 20, persamaan 2. 21 dan persamaan 2. 22.

Headloss pada pipa:

$$\begin{aligned} f &= 64/NRe \\ NRe &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\ \text{Suhu} &= 25^0 \text{ c maka } \vartheta = 0.8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det} \\ NRe &= \frac{0,01 \times 0,216}{0,8975 \times 10^{-6}} \\ &= 2.406 \text{ (Laminer)} \\ F &= 64/Re \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 64/2.406 \\
 F &= 0,026 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0,026 \times \frac{2,9}{0,216} \times \frac{0,01^2}{2,9,81} \\
 H_f &= 0,000018 \text{ m} \\
 &= 0,0018 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan muka air pada unit IPAL adalah 0,0018 cm pada kompartemen 1.

✓ **Headloss ABR (Kompartemen 2 - 4)**

Pada kompartemen 2 – 4 ABR terdapat 2 *headloss* yaitu *headloss* pada pipa dan *headloss* melalui *baffle*

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 L &= 2,9 \text{ m} \\
 D &= 0,216 \text{ m} \\
 v &= 0,01 \text{ m/det} \\
 g &= 9,81 \text{ m/det}^2
 \end{aligned}$$

Headloss pada pipa:

$$\begin{aligned}
 f &= 64/Re \\
 Re &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\
 \text{Suhu} &= 25^0 \text{ c maka } \vartheta = 0,8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det} \\
 Re &= \frac{0,01 \times 0,114}{0,8975 \times 10^{-6}} \\
 &= 1270 \text{ (Laminer)} \\
 F &= 64/Re \\
 &= 64/1270 \\
 F &= 0,05 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0,05 \times \frac{1,6}{0,114} \times \frac{0,01^2}{2,9,81} \\
 H_f &= 0,0000036 \text{ m} \\
 &= 0,00036 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Headloss baffle:

Rumus *headloss baffle* dapat dilihat pada persamaan 2.

23.

Diketahui :

$$K = 3,2$$

$$\begin{aligned}
 Q &= 77,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 As &= 13,2 \text{ m}^2 \\
 g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \\
 v &= Q/As \\
 &= 77,8/13,2 \\
 &= 5,9 \text{ m/hari} \\
 &= 0,00068 \text{ m/det} \\
 H_f &= K \cdot \frac{v^2}{2g} \\
 &= 3,2 \cdot \frac{0,000068^2}{2 \cdot 9,81} \\
 &= 7,5 \times 10^{-10} \text{ m} \\
 &= 7,5 \times 10^{-8} \text{ cm} \\
 H_f \text{ Total} &= 0,00036 \text{ cm} + 0,000000075 \text{ cm} \\
 &= 0,000360075 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan muka air pada ABR kompartemen 2- 4 adalah 0,000360075 cm

✓ **Headloss Kompartemen AF:**

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 L &= 1,3 \text{ m} \\
 D &= 0,216 \text{ m} \\
 v &= 0,01 \text{ m/det} \\
 g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \\
 \text{Headloss pada pipa:} \\
 f &= 64/Re \\
 Re &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\
 \text{Suhu} &= 25^0 \text{ c maka } \vartheta = 0,8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det} \\
 Re &= \frac{0,01 \times 0,114}{0,8975 \times 10^{-6}} \\
 &= 1270 \text{ (Laminer)} \\
 F &= 64/Re \\
 &= 64/1270 \\
 F &= 0,05 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0,05 \times \frac{1,3}{0,114} \times \frac{0,01^2}{2 \cdot 9,81} \\
 H_f &= 0,0000029 \text{ m} \\
 &= 0,00029 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Headloss media

$$\begin{aligned}Q &= 0,91 \text{ l/det} = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Kedalaman media (L)} &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Ukuran rongga (d)} &= 0,1 \text{ m} \\ \text{Faktor bentuk media } (\psi) &= 1 \\ \text{Porositas media (e)} &= 0,98 \\ \text{Viskositas kinematis } (\mu) &= 8,7 \times 10^{-7} \text{ kg/m.s (suhu } 25^\circ\text{C)} \\ \text{Massa jenis } (\rho) &= 0,9963 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Kecepatan filtrasi (v)} &= Q / (d^2) / e \\ &= 0,0009 / (0,114^2) / 0,98 \\ &= 0,091 \text{ m/det} \\ N_{Re} &= \frac{\psi \rho d v}{\mu} \\ &= \frac{1 \times 0,9963 \times 0,1 \times 0,091}{0,00000087} \\ &= 10421,06 \\ C_D &= 0,4 (N_{Re} > 10^4) \\ \text{Headloss (Hf)} &= 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\psi \times d \times e^4 \times g} \\ &= 1,067 \times \frac{0,4 \times 1,5 \times (0,091)^2}{1 \times 0,1 \times (0,98)^4 \times 9,8} \\ &= 5,9 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0,59 \text{ cm}\end{aligned}$$

Hf Total= Hf pipa + Hf media

Hf Total= 0,00029 cm + 0,59 cm

Hf Total= 0,59029 cm

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk masing – masing IPAL dapat dilihat pada Tabel 5. 48.

Tabel 5. 48 perhitungan profil hidrolis IPAL A

unit bangunan	jenis headloss	headloss (cm)	headloss (m)	Kedalaman muka air (m)
Anaerobic Baffled Reactor				1,216
Kompartemen 1				1,216
hf pipa		0,001800	0,000018	1,216018000
Kompartemen 2				1,216018000
hf pipa		0,00036	0,0000036	1,216022
hf baffle		0,0000000075	0,00000000075	1,21602160075
kompartemen 3				1,216021601

hf pipa	0,00036	0,0000036	1,21602520075
hf baffle	0,000000075	0,00000000075	1,21602520150
kompartemen 4			1,216025202
hf pipa	0,00036	0,0000036	1,21602880150
hf baffle	0,000000075	0,00000000075	1,21602880225
Aerobic Filter			1,216028802
hf pipa	0,00029	0,0000029	1,21603170225
hf media	0,59	0,0059	1,22193170225
Outlet			1,221931702

Selanjutnya, memastikan bahwa debit outlet IPAL A menuju badan air terdekat tidak mengalami peluapan pada badan air. Jarak dari IPAL A menuju badan air setempat adalah 2 meter. Diketahui:

Badan air setempat berupa drainase perkotaan dengan bentuk segi empat memiliki dimensi:

Panjang = 1 km = 1000 m

Lebar = 1 m

Tinggi = 2 m

Kedalaman air saat hujan = 0,5 m

Kapasitas drainase = panjang x lebar x tinggi
= 1.000 x 1 x (2
= 2.000 m³/hari

Q air drainase eksisting = panjang x lebar x kedalaman air
= 1000 x 1 x 0,5
= 500 m³/hari

Diketahui:

Q outlet IPAL = 26,78 m³/hari

Jumlah IPAL = 28 buah melayani Blok A

Q drainase total = Q outlet IPAL + Q air drainase
= (26,78 m³/hari x 28 buah) + 500 m³/hari
= 1.249,84 m³/hari

Q drainase total < kapasitas drainase, maka tidak terjadi peluapan air ketika direncanakan outlet IPAL A masuk ke badan air.

Direncanakan :

D Pipa outlet pipa = 114 mm = 0,114 m

Pipa outlet IPAL mempunyai kemiringan 0,01%.

$$v \text{ pipa} = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$R = A/P = \frac{\pi \cdot D^2 / 4}{\pi \cdot D}$$

$$R = D/4 = 0,114/4 = 0,0285$$

$$v \text{ pipa} = 1/0,0012 \times 0,0285^{2/3} \times 0,005^{1/2}$$

$$v \text{ pipa} = 0,77 \text{ m/det.}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi awal pipa} = 916,14 \text{ m}$$

$$\text{Slope} = (\text{elevasi awal pipa} - \text{elevasi akhir pipa}) / \text{panjang pipa}$$

$$0,0001 = (916,14 - \text{elevasi akhir pipa}) / 2,5 \text{ m}$$

$$2,5 \times 10^{-4} = 916,14 - \text{elevasi akhir pipa}$$

$$\text{Elevasi akhir pipa} = 916,139 \text{ m}$$

Jadi, elevasi akhir pipa IPAL menuju drainase adalah 916,139 meter. Profil hidrolis IPAL A dapat dilihat pada Lampiran Gambar PTA – 01 halaman 23.

5.8.2 Profil Hidrolis IPAL B

Pada profil hidrolis IPAL B direncanakan bahwa pipa SPAL dialirkan terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuannya adalah untuk menaikkan elevasi IPAL agar penggaliannya tidak dalam.

Direncanakan:

- Bak berbentuk segiempat
- Jumlah Bak = 1
- Waktu Detensi/ t_d (< 10 menit) = 8 menit = 480 detik
- Diameter pipa sewer terakhir 216 mm
- Kedalaman pipa sewer terakhir = 4,2 m
- Tinggi sumur = 0,3 m
- P:L = 1 : 1
- $Q_{\text{peak}} = 0,91 \text{ L/detik} = 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}$

Maka,

$$\text{Volume (V)} = Q_{\text{peak}} \times T_d = (0,00091 \text{ m}^3/\text{detik} \times 480 \text{ detik}) = 0,4368 \text{ m}^3$$

$$\text{Asurface (As)} = \frac{V}{h} = \frac{0,4368}{0,3} = 1,46 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang} = \text{Lebar} = \sqrt{As} = \sqrt{1,46} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Cek } T_d = V/Q_{\text{peak}} = 0,4368 \text{ m}^3 / (0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}) = 480 \text{ detik}$$

→ OK

$$\begin{aligned}
 H \text{ air saat } Q_{\text{peak}} &= Q_{\text{peak}} \times T_d/A \\
 &= 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 8 \text{ menit} / 0,273 \text{ m}^2) \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh dimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (P)} &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Lebar (L)} &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman (H)} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Tebal dinding} &= 0,2 \text{ m} \\
 \text{Total H} &= 0,3 + 0,2 + 4,2 \text{ m} \\
 &= 4,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini direncanakan penggunaan pompa yang diletakkan di sumur pengumpul. Fungsi pompa ini adalah untuk mengalirkan air limbah domestik dari sumur pengumpul menuju unit IPAL B. Pompa yang digunakan adalah pompa tipe *submersible non clogging*.

Direncanakan :

- $v \text{ asumsi} = 0,05 \text{ m/s}$
- $Q_{\text{peak}} = 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $D = 216 \text{ mm} = 0,216 \text{ m}$
- $\text{Head Statik (Hs)} = 3,4 \text{ m}$
- $\text{Panjang pipa discharge (L)} = 4,4 \text{ m}$

Kecepatan rencana pengaliran air limbah pada pipa adalah 1 m/det.

$$A \text{ pipa} = \frac{Q_{\text{peak}}}{v} = \frac{0,00091}{0,05} = 0,0182 \text{ m}^2$$

Maka, diameter *discharge* pada pompa;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0182}{3,14}} = 0,152 \text{ m}$$

$$D \text{ pakai} = 216 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A \text{ pipa cek} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,216^2 = 0,0182 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Diperoleh kecepatan aliran pompa;

$$v \text{ cek} = \frac{Q}{A} = \frac{0,00091}{0,0182} = 0,05 \text{ m/s}$$

• **Head Mayor**

Head mayor adalah berbagai kerugian head di sepanjang pipa (Tahara, 2000).

$$hf_{discharge} = \left[\frac{Q}{0,2785 \times L \times D^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$hf_{discharge} = \left[\frac{0,00091}{0,2785 (4,4)(0,216)^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$hf_{discharge} = 0,09 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{jadi, Total Head} &= hf_{\text{static}} + hf_{\text{discharge}} \\ &= 3,4 \text{ m} + 0,09 \text{ m} \\ &= 3,49 \text{ m} \end{aligned}$$

nilai head *minor* diabaikan (dianggap nol) dalam perencanaan ini, dikarenakan nilainya yang kecil. Jadi head pompa adalah sebesar 3,49 m. spesifikasi pompa yang dipakai adalah:

nama pompa = Pompa Celup

jenis pompa = *submersible non clogging*

head pompa = 5-6 m

Q = 3,5 m³/jam

Listrik = 250 watt

Pompa beroperasi 8 jam/hari

Jumlah KWh/hari = 250 x 8 = 2000 watt = 2 KWh

Bila harga listrik 1 KWh adalah adalah Rp. 1467,28/KWh, maka biaya operasional energi listrik untuk pompa adalah:

✓ Biaya = Rp. 1467,28/KWh x 2 KWh

Biaya = Rp. 2.935/hari

Total biaya pemakaian pompa adalah: Rp. 2.935/hari.

✓ **Headloss ABR (Kartumemen 1):**

Diketahui:

L = 2,9 m

D = 0,216 m

v = 0,01 m/det

g = 9,81 m/det²

rumus perhitungan headloss di Kartumemen 1 ABR dapat dilihat pada persamaan 2. 20, persamaan 2. 21 dan persamaan 2. 22.

Headloss pada pipa:

f = 64/NRe

NRe = $\frac{v \times D}{\nu}$

Suhu = 25⁰c maka $\nu = 0.8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$

NRe = $\frac{0,01 \times 0,216}{0,8975 \times 10^{-6}}$

$$\begin{aligned}
 &= 2.406 \text{ (Laminer)} \\
 F &= 64/Re \\
 &= 64/2.406 \\
 F &= 0,026 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0,026 \times \frac{2,9}{0,216} \times \frac{0,01^2}{2 \cdot 9,81} \\
 H_f &= 0,000018 \text{ m} \\
 &= 0,0018 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan muka air pada unit IPAL adalah 0,0018 cm pada kompartemen 1.

✓ **Headloss ABR (Kompartemen 2 - 4)**

Pada kompartemen 2 – 4 ABR terdapat 2 *headloss* yaitu *headloss* pada pipa dan *headloss* melalui *baffle*

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 L &= 2,9 \text{ m} \\
 D &= 0,216 \text{ m} \\
 v &= 0,01 \text{ m/det} \\
 g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \\
 \text{Headloss pada pipa:} \\
 f &= 64/Re \\
 Re &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\
 \text{Suhu} &= 25^0 \text{ c maka } \vartheta = 0,8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det} \\
 Re &= \frac{0,01 \times 0,114}{0,8975 \times 10^{-6}} \\
 &= 1270 \text{ (Laminer)} \\
 F &= 64/Re \\
 &= 64/1270 \\
 F &= 0,05 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0,05 \times \frac{1,6}{0,114} \times \frac{0,01^2}{2 \cdot 9,81} \\
 H_f &= 0,0000036 \text{ m} \\
 &= 0,00036 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Headloss baffle:

Rumus *headloss baffle* dapat dilihat pada persamaan 2.

23.

Diketahui :

$$\begin{aligned} K &= 3,2 \\ Q &= 77,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\ As &= 13,2 \text{ m}^2 \\ g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \\ v &= Q/As \\ &= 77,8/13,2 \\ &= 5,9 \text{ m/hari} \\ &= 0,00068 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f &= K \cdot \frac{v^2}{2g} \\ &= 3,2 \cdot \frac{0,00068^2}{2 \cdot 9,81} \\ &= 7,5 \times 10^{-10} \text{ m} \\ &= 7,5 \times 10^{-8} \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ Total} &= 0,00036 \text{ cm} + 0,000000075 \text{ cm} \\ &= 0,000360075 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan muka air pada ABR kompartemen 2- 4 adalah 0,000360075 cm

✓ **Headloss Kompartemen AF:**

Diketahui:

$$\begin{aligned} L &= 1,3 \text{ m} \\ D &= 0,216 \text{ m} \\ v &= 0,01 \text{ m/det} \\ g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

Headloss pada pipa:

$$\begin{aligned} f &= 64/Re \\ Re &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\ \text{Suhu} &= 25^0\text{C maka } \vartheta = 0,8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det} \\ Re &= \frac{0,01 \times 0,114}{0,8975 \times 10^{-6}} \\ &= 1270 \text{ (Laminer)} \\ F &= 64/Re \\ &= 64/1270 \\ F &= 0,05 \\ H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\ H_f &= 0,05 \times \frac{1,3}{0,114} \times \frac{0,01^2}{2 \cdot 9,81} \\ H_f &= 0,0000029 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0,00029 \text{ cm}$$

Headloss media

$$\begin{aligned} Q &= 0,91 \text{ l/det} = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Kedalaman media (L)} &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Ukuran rongga (d)} &= 0,1 \text{ m} \\ \text{Faktor bentuk media } (\psi) &= 1 \\ \text{Porositas media (e)} &= 0,98 \\ \text{Viskositas kinematis } (\mu) &= 8,7 \times 10^{-7} \text{ kg/m.s (suhu } 25^\circ\text{C)} \\ \text{Massa jenis } (\rho) &= 0,9963 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Kecepatan filtrasi (v)} &= Q / (d^2) / e \\ &= 0,0009 / (0,114^2) / 0,98 \\ &= 0,091 \text{ m/det} \\ N_{Re} &= \frac{\psi \rho d v}{\mu} \\ &= \frac{1 \times 0,9963 \times 0,1 \times 0,091}{0,00000087} \\ &= 10421,06 \\ C_D &= 0,4 (N_{Re} > 10^4) \\ \text{Headloss (Hf)} &= 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\psi \times d \times e^4 \times g} \\ &= 1,067 \times \frac{0,4 \times 1,5 \times (0,091)^2}{1 \times 0,1 \times (0,98)^4 \times 9,8} \\ &= 5,9 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0,59 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ Total} = H_f \text{ pipa} + H_f \text{ media}$$

$$H_f \text{ Total} = 0,00029 \text{ cm} + 0,59 \text{ cm}$$

$$H_f \text{ Total} = 0,59029 \text{ cm}$$

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk masing – masing IPAL dapat dilihat pada Tabel 5. 49.

Tabel 5. 49 Profil hidrolis IPAL B

unit bangunan	jenis headloss	headloss (cm)	headloss (m)	Kedalaman muka air (m)
Sumur Pengumpul				4,2
hf pompa		349	3,49	0,71
Anaerobic Baffled Reactor				0,710
Kompartemen 1				0,710
hf pipa		0,001800	0,000018	0,710018000
Kompartemen 2				0,710018000

unit bangunan	jenis headloss	headloss (cm)	headloss (m)	Kedalaman muka air (m)
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,710022
hf baffle		0,000000075	0,00000000075	0,71002160075
kompartemen 3				0,710021601
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,71002520075
hf baffle		0,000000075	0,00000000075	0,71002520150
kompartemen 4				0,710025202
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,71002880150
hf baffle		0,000000075	0,00000000075	0,71002880225
Aerobic Filter				0,710028802
hf pipa		0,00029	0,0000029	0,71003170225
hf media		0,59	0,0059	0,71593170225
Outlet				0,715931702

Selanjutnya, memastikan bahwa debit outlet IPAL B menuju badan air terdekat tidak mengalami peluapan pada badan air. Jarak dari IPAL B menuju badan air setempat adalah 3 meter.

Diketahui:

Badan air setempat berupa drainase perkotaan dengan bentuk segi empat memiliki dimensi:

Panjang = 500 m

Lebar = 1 m

Tinggi = 2 m

Kedalaman air saat hujan = 0,5 m

Kapasitas drainase = panjang x lebar x tinggi

$$= 500 \times 1 \times 2$$

$$= 1000 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Q air drainase eksisting = panjang x lebar x kedalaman air

$$= 500 \times 1 \times 0,5$$

$$= 250 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Diketahui:

Q outlet IPAL = 26,78 m³/hari

Jumlah IPAL = 20 buah melayani Blok A

Q drainase total = Q outlet IPAL + Q air drainase

$$= (26,78 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20 \text{ buah}) + 250 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 785,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Q drainase total < kapasitas drainase, maka tidak terjadi peluapan air ketika direncanakan outlet IPAL B masuk ke badan air.

Direncanakan :

D Pipa outlet pipa = 114 mm = 0,114 m

Pipa outlet IPAL mempunyai kemiringan 0,01%.

$$v \text{ pipa} = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$R = A/P = \frac{\pi \cdot D^2 / 4}{\pi \cdot D}$$

$$R = D/4 = 0,114/4 = 0,0285$$

$$v \text{ pipa} = 1/0,0012 \times 0,0285^{2/3} \times 0,005^{1/2}$$

$$v \text{ pipa} = 0,77 \text{ m/det.}$$

$$\text{Panjang pipa} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi awal pipa} = 914,5 \text{ m}$$

$$\text{Slope} = (\text{elevasi awal pipa} - \text{elevasi akhir pipa}) / \text{panjang pipa}$$

$$0,0001 = (914,5 - \text{elevasi akhir pipa}) / 3,6 \text{ m}$$

$$3,6 \times 10^{-4} = 916,14 - \text{elevasi akhir pipa}$$

$$\text{Elevasi akhir pipa} = 916,139 \text{ m}$$

Jadi, elevasi akhir pipa IPAL menuju drainase adalah 916,139 meter. . Profil hidrolis IPAL B dapat dilihat pada Lampiran Gambar PTA – 01 halaman 24.

5.8.3 Profil Hidrolis IPAL C

Pada profil hidrolis IPAL C direncanakan bahwa pipa SPAL dialirkan terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuannya adalah untuk menaikkan elevasi IPAL agar penggaliannya tidak dalam.

Direncanakan:

- Bak berbentuk segiempat
- Jumlah Bak =1
- Waktu Detensi/ td (<10 menit) = 8 menit = 480 detik
- Diameter pipa sewer terakhir 114 mm
- Kedalaman pipa sewer terakhir = 4,7 m
- Tinggi sumur = 0,3 m
- P:L = 1 : 1
- $Q_{\text{peak}} = 0,91 \text{ L/detik} = 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}$

Maka,

$$\text{Volume (V)} = Q_{\text{peak}} \times Td = (0,00091 \text{ m}^3/\text{detik} \times 480 \text{ detik})$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,4368 \text{ m}^3 \\
 \text{Asurface (As)} &= \frac{V}{h} = \frac{0,4368}{0,3} = 1,46 \text{ m}^2 \\
 \text{Panjang} &= \text{Lebar} = \sqrt{As} = \sqrt{1,46} = 1,2 \text{ m} \\
 \text{Cek Td} &= V/Q_{\text{peak}} = 0,4368 \text{ m}^3 / (0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}) = 480 \text{ detik} \\
 &\rightarrow \text{OK} \\
 \text{H air saat } Q_{\text{peak}} &= Q_{\text{peak}} \times \text{Td}/A \\
 &= 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 8 \text{ menit} / 0,273 \text{ m}^2) \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh dimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (P)} &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Lebar (L)} &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman (H)} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Tebal dinding} &= 0,2 \text{ m} \\
 \text{Total H} &= 0,3 + 0,2 + 4,7 \text{ m} \\
 &= 5,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini direncanakan penggunaan pompa yang diletakkan di sumur pengumpul. Fungsi pompa ini adalah untuk mengalirkan air limbah domestik dari sumur pengumpul menuju unit IPAL C. Pompa yang digunakan adalah pompa tipe *submersible non clogging*.

Direncanakan :

- v asumsi = 0,05 m/s
- $Q_{\text{peak}} = 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $D = 216 \text{ mm} = 0,216 \text{ m}$
- Head Statik (H_s) = 4,2 m
- Panjang pipa discharge (L) = 6 m

Kecepatan rencana pengaliran air limbah pada pipa adalah 1 m/det.

$$A_{\text{pipa}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{v} = \frac{0,00091}{0,05} = 0,0182 \text{ m}^2$$

Maka, diameter *discharge* pada pompa;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0182}{3,14}} = 0,152 \text{ m}$$

$$D_{\text{pakai}} = 216 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pipa cek}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,216^2 = 0,0182 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Diperoleh kecepatan aliran pompa;

$$v_{\text{cek}} = \frac{Q}{A} = \frac{0,00091}{0,0182} = 0,05 \text{ m/s}$$

- **Head Mayor**

Head mayor adalah berbagai kerugian head di sepanjang pipa (Tahara, 2000).

$$h_{f\text{discharge}} = \left[\frac{Q}{0,2785 \times L \times D^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$h_{f\text{discharge}} = \left[\frac{0,00091}{0,2785 (6)(0,216)^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$h_{f\text{discharge}} = 0,009 \text{ m}$$

jadi, Total Head= hf static + hf discharge

$$= 4,2 \text{ m} + 0,009 \text{ m}$$

$$= 4,209 \text{ m}$$

nilai head *minor* diabaikan (dianggap nol) dalam perencanaan ini, dikarenakan nilainya yang kecil. Jadi head pompa adalah sebesar 4,29 m. spesifikasi pompa yang dipakai adalah:

nama pompa = Pompa Celup

jenis pompa = *submersible non clogging*

head pompa = 5-6 m

Q = 3,5 m³/jam

Listrik = 250 watt

Pompa beroperasi 8 jam/hari

Jumlah KWh/hari = 250 x 8 = 2000 watt = 2 KWh

Bila harga listrik 1 KWh adalah adalah Rp. 1467,28/KWh, maka biaya operasional energi listrik untuk pompa adalah:

Biaya = Rp. 1467,28/KWh x 2 KWh

Biaya = Rp. 2.935/hari

Jadi, Total biaya pemakaian pompa adalah: Rp. 2.935/hari

Headloss ABR (Kompartemen 1):

Diketahui:

L = 2,9 m

D = 0,216 m

v = 0,01 m/det

g = 9,81 m/det²

rumus perhitungan headloss di Kompartemen 1 ABR dapat dilihat pada persamaan 2. 20, persamaan 2. 21 dan persamaan 2. 22.

Headloss pada pipa:

$$\begin{aligned}
 f &= 64/\text{NRe} \\
 \text{NRe} &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\
 \text{Suhu} &= 25^{\circ}\text{C} \text{ maka } \vartheta = 0.8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det} \\
 \text{NRe} &= \frac{0.01 \times 0.216}{0.8975 \times 10^{-6}} \\
 &= 2.406 \text{ (Laminer)} \\
 F &= 64/\text{Re} \\
 &= 64/2.406 \\
 F &= 0.026 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0.026 \times \frac{2.9}{0.216} \times \frac{0.01^2}{2.9.81} \\
 H_f &= 0.000018 \text{ m} \\
 &= 0.0018 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan muka air pada unit IPAL adalah 0,0018 cm pada kompartemen 1.

✓ **Headloss ABR (Kompartemen 2 - 4)**

Pada kompartemen 2 – 4 ABR terdapat 2 *headloss* yaitu *headloss* pada pipa dan *headloss* melalui *baffle*

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 L &= 2,9 \text{ m} \\
 D &= 0,216 \text{ m} \\
 v &= 0,01 \text{ m/det} \\
 g &= 9,81 \text{ m/det}^2
 \end{aligned}$$

Headloss pada pipa:

$$\begin{aligned}
 f &= 64/\text{Re} \\
 \text{Re} &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\
 \text{Suhu} &= 25^{\circ}\text{C} \text{ maka } \vartheta = 0.8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det} \\
 \text{Re} &= \frac{0.01 \times 0.114}{0.8975 \times 10^{-6}} \\
 &= 1270 \text{ (Laminer)} \\
 F &= 64/\text{Re} \\
 &= 64/1270 \\
 F &= 0.05 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0.05 \times \frac{1.6}{0.114} \times \frac{0.01^2}{2.9.81}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f &= 0,0000036 \text{ m} \\ &= 0,00036 \text{ cm} \end{aligned}$$

Headloss baffle:

Rumus *headloss baffle* dapat dilihat pada persamaan 2.

23.

Diketahui :

$$\begin{aligned} K &= 3,2 \\ Q &= 77,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\ A_s &= 13,2 \text{ m}^2 \\ g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \\ v &= Q/A_s \\ &= 77,8/13,2 \\ &= 5,9 \text{ m/hari} \\ &= 0,00068 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f &= K \cdot \frac{v^2}{2g} \\ &= 3,2 \cdot \frac{0,000068^2}{2 \cdot 9,81} \\ &= 7,5 \times 10^{-10} \text{ m} \\ &= 7,5 \times 10^{-8} \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ Total} &= 0,00036 \text{ cm} + 0,000000075 \text{ cm} \\ &= 0,000360075 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan muka air pada ABR kompartemen 2- 4 adalah 0,000360075 cm

✓ **Headloss Kompartemen AF:**

Diketahui:

$$\begin{aligned} L &= 1,3 \text{ m} \\ D &= 0,216 \text{ m} \\ v &= 0,01 \text{ m/det} \\ g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

Headloss pada pipa:

$$\begin{aligned} f &= 64/Re \\ Re &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\ \text{Suhu} &= 25^0\text{c maka } \vartheta = 0,8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det} \\ Re &= \frac{0,01 \times 0,114}{0,8975 \times 10^{-6}} \\ &= 1270 \text{ (Laminer)} \\ F &= 64/Re \\ &= 64/1270 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= 0,05 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0,05 \times \frac{1,3}{0,114} \times \frac{0,01^2}{2,9,81} \\
 H_f &= 0,0000029 \text{ m} \\
 &= 0,00029 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Headloss media

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,91 \text{ l/det} = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \text{Kedalaman media (L)} &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Ukuran rongga (d)} &= 0,1 \text{ m} \\
 \text{Faktor bentuk media } (\psi) &= 1 \\
 \text{Porositas media (e)} &= 0,98 \\
 \text{Viskositas kinematis } (\mu) &= 8,7 \times 10^{-7} \text{ kg/m.s (suhu } 25^\circ\text{C)} \\
 \text{Massa jenis } (\rho) &= 0,9963 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Kecepatan filtrasi (v)} &= Q / (d^2) / e \\
 &= 0,0009 / (0,114^2) / 0,98 \\
 &= 0,091 \text{ m/det} \\
 N_{Re} &= \frac{\psi \rho d v}{\mu} \\
 &= \frac{1 \times 0,9963 \times 0,1 \times 0,091}{0,00000087} \\
 &= 10421,06 \\
 C_D &= 0,4 \text{ (} N_{Re} > 10^4 \text{)} \\
 \text{Headloss (Hf)} &= 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\psi \times d \times e^4 \times g} \\
 &= 1,067 \times \frac{0,4 \times 1,5 \times (0,091)^2}{1 \times 0,1 \times (0,98)^4 \times 9,8} \\
 &= 5,9 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 &= 0,59 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Hf Total= Hf pipa + Hf media

Hf Total= 0,00029 cm + 0,59 cm

Hf Total= 0,59029 cm

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk masing – masing IPAL dapat dilihat pada Tabel 5. 50.

Tabel 5. 50 Profil hidrolis IPAL C

unit bangunan	jenis headloss	headloss (cm)	headloss (m)	muka air (m)
---------------	----------------	---------------	--------------	--------------

unit bangunan	jenis headloss	headloss (cm)	headloss (m)	muka air (m)
Sumur Pengumpul				4,9
hf pompa		349	4,209	0,691
Anaerobic Baffled Reactor				0,691
Kompartemen 1				0,691
hf pipa		0,001800	0,000018	0,691018000
Kompartemen 2				0,691018000
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,691022
hf baffle		0,000000075	0,00000000075	0,69102160075
kompartemen 3				0,691021601
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,69102520075
hf baffle		0,000000075	0,00000000075	0,69102520150
kompartemen 4				0,691025202
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,69102880150
hf baffle		0,000000075	0,00000000075	0,69102880225
Aerobic Filter				0,691028802
hf pipa		0,00029	0,0000029	0,69103170225
hf media		0,59	0,0059	0,69693170225
Outlet				0,696931702

Selanjutnya, memastikan bahwa debit outlet IPAL C menuju badan air terdekat tidak mengalami peluapan pada badan air. Jarak dari IPAL C menuju badan air setempat adalah 2 meter. Diketahui:

Badan air setempat berupa drainase perkotaan dengan bentuk segi empat memiliki dimensi:

Panjang = 1000 m

Lebar = 1 m

Tinggi = 2 m

Kedalaman air saat hujan = 0,5 m

Kapasitas drainase = panjang x lebar x tinggi
= 1000 x 1 x 2
= 2000 m³/hari

Q air drainase eksisting = panjang x lebar x kedalaman air
= 1000 x 1 x 0,5
= 500 m³/hari

Diketahui:

Q outlet IPAL = 26,78 m³/hari
 Jumlah IPAL = 13 buah melayani Blok A
 Q drainase total = Q outlet IPAL + Q air drainase
 = (26,78 m³/hari x 13 buah) + 250 m³/hari
 = 598,14 m³/hari

Q drainase total < kapasitas drainase, maka tidak terjadi peluapan air ketika direncanakan outlet IPAL C masuk ke badan air.

Direncanakan :

D Pipa outlet pipa = 114 mm = 0,114 m

Pipa outlet IPAL mempunyai kemiringan 0,01%.

$v \text{ pipa} = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$

$R = A/P = \frac{\pi \cdot D^2 / 4}{\pi \cdot D}$

$R = D/4 = 0,114/4$
 $= 0,0285$

$v \text{ pipa} = 1/0,0012 \times 0,0285^{2/3} \times 0,005^{1/2}$

$v \text{ pipa} = 0,77 \text{ m/det.}$

Panjang pipa = 2,48 m

Elevasi awal pipa = 914,51 m

$Slope = (\text{elevasi awal pipa} - \text{elevasi akhir pipa}) / \text{panjang pipa}$

$0,0001 = (914,51 - \text{elevasi akhir pipa}) / 2,48 \text{ m}$

$2,48 \times 10^{-4} = 916,14 - \text{elevasi akhir pipa}$

Elevasi akhir pipa = 916,139 m

Jadi, elevasi akhir pipa IPAL menuju drainase adalah 916,139 meter. . Profil hidrolis IPAL C dapat dilihat pada Lampiran Gambar PTA – 01 halaman 25.

5.8.4 Profil Hidrolis IPAL D

Pada profil hidrolis IPAL D direncanakan bahwa pipa SPAL dialirkan terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuannya adalah untuk menaikkan elevasi IPAL agar penggaliannya tidak dalam.

Direncanakan:

- Bak berbentuk segiempat
- Jumlah Bak =1
- Waktu Detensi/ td (<10 menit) = 8 menit = 480 detik
- Diameter pipa sewer terakhir 114 mm
- Kedalaman pipa sewer terakhir = 2,38 m

- Tinggi sumur = 0,3 m
- P:L = 1 : 1
- $Q_{\text{peak}} = 0,91 \text{ L/detik} = 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}$

Maka,

$$\text{Volume (V)} = Q_{\text{peak}} \times T_d = (0,00091 \text{ m}^3/\text{detik} \times 480 \text{ detik}) = 0,4368 \text{ m}^3$$

$$\text{Asurface (As)} = \frac{V}{h} = \frac{0,4368}{0,3} = 1,46 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang} = \text{Lebar} = \sqrt{As} = \sqrt{1,46} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Cek } T_d = V/Q_{\text{peak}} = 0,4368 \text{ m}^3 / (0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}) = 480 \text{ detik}$$

→ OK

$$\begin{aligned} \text{H air saat } Q_{\text{peak}} &= Q_{\text{peak}} \times T_d / A \\ &= 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 8 \text{ menit} / 0,273 \text{ m}^2) \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh dimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= 1,2 \text{ m} \\ \text{Lebar (L)} &= 1,2 \text{ m} \\ \text{Kedalaman (H)} &= 0,3 \text{ m} \\ \text{Tebal dinding} &= 0,2 \text{ m} \\ \text{Total H} &= 0,3 + 0,2 + 2,38 \text{ m} \\ &= 2,88 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini direncanakan penggunaan pompa yang diletakkan di sumur pengumpul. Fungsi pompa ini adalah untuk mengalirkan air limbah domestik dari sumur pengumpul menuju unit IPAL D. Pompa yang digunakan adalah pompa tipe *submersible non clogging*.

Direncanakan :

- $v \text{ asumsi} = 0,05 \text{ m/s}$
- $Q_{\text{peak}} = 0,00091 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $D = 216 \text{ mm} = 0,216 \text{ m}$
- Head Statik (H_s) = 2,08 m
- Panjang pipa discharge (L) = 3,6 m

Kecepatan rencana pengaliran air limbah pada pipa adalah 1 m/det.

$$\text{A pipa} = \frac{Q_{\text{peak}}}{v} = \frac{0,00091}{0,05} = 0,0182 \text{ m}^2$$

Maka, diameter *discharge* pada pompa;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0182}{3,14}} = 0,152 \text{ m}$$

$$D \text{ pakai} = 216 \text{ mm}$$

$$A \text{ pipa cek} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,216^2 = 0,0182 \text{ m}^2$$

Diperoleh kecepatan aliran pompa;

$$v \text{ cek} = \frac{Q}{A} = \frac{0,00091}{0,0182} = 0,05 \text{ m/s}$$

- **Head Mayor**

Head mayor adalah berbagai kerugian head di sepanjang pipa (Tahara, 2000).

$$hf_{discharge} = \left[\frac{Q}{0,2785 \times L \times D^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$hf_{discharge} = \left[\frac{0,00091}{0,2785 (3,6)(0,216)^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$hf_{discharge} = 0,00033 \text{ m}$$

jadi, Total Head= hf static + hf discharge

$$= 2,08 \text{ m} + 0,00033 \text{ m}$$

$$= 2,08033 \text{ m}$$

nilai head *minor* diabaikan (dianggap nol) dalam perencanaan ini, dikarenakan nilainya yang kecil. Jadi head pompa adalah sebesar 4,29 m. spesifikasi pompa yang dipakai adalah:

nama pompa = Pompa Celup

jenis pompa = *submersible non clogging*

head pompa = 5-6 m

Q = 3,5 m³/jam

Listrik = 250 watt

Pompa beroperasi 8 jam/hari

Jumlah KWh/hari = 250 x 8 = 2000 watt = 2 KWh

Bila harga listrik 1 KWh adalah adalah Rp. 1467,28/KWh, maka biaya operasional energi listrik untuk pompa adalah:

✓ Biaya = Rp. 1467,28/KWh x 2 KWh

Biaya = Rp. 2.935/hari

✓ Total biaya pemakaian pompa adalah: Rp. 2.935/hari

Headloss ABR (Kompartemen 1):

Diketahui:

L = 2,9 m

D = 0,216 m

$$v = 0,01 \text{ m/det}$$

$$g = 9,81 \text{ m/det}^2$$

rumus perhitungan headloss di Kompartemen 1 ABR dapat dilihat pada persamaan 2. 20, persamaan 2. 21 dan persamaan 2. 22.

Headloss pada pipa:

$$f = 64/NRe$$

$$NRe = \frac{v \times D}{\vartheta}$$

$$\text{Suhu} = 25^0 \text{ c maka } \vartheta = 0.8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$$

$$NRe = \frac{0,01 \times 0,216}{0,8975 \times 10^{-6}}$$

$$= 2.406 \text{ (Laminer)}$$

$$F = 64/Re$$

$$= 64/2.406$$

$$F = 0,026$$

$$Hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$Hf = 0,026 \times \frac{2,9}{0,216} \times \frac{0,01^2}{2.9.81}$$

$$Hf = 0,000018 \text{ m}$$

$$= 0,0018 \text{ cm}$$

Jadi, penurunan muka air pada unit IPAL adalah 0,0018 cm pada kompartemen 1.

✓ **Headloss ABR (Kompartemen 2 - 4)**

Pada kompartemen 2 – 4 ABR terdapat 2 *headloss* yaitu *headloss* pada pipa dan *headloss* melalui *baffle*

Diketahui:

$$L = 2,9 \text{ m}$$

$$D = 0,216 \text{ m}$$

$$v = 0,01 \text{ m/det}$$

$$g = 9,81 \text{ m/det}^2$$

Headloss pada pipa:

$$f = 64/Re$$

$$Re = \frac{v \times D}{\vartheta}$$

$$\text{Suhu} = 25^0 \text{ c maka } \vartheta = 0,8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$$

$$Re = \frac{0,01 \times 0,114}{0,8975 \times 10^{-6}}$$

$$= 1270 \text{ (Laminer)}$$

$$F = 64/Re$$

$$\begin{aligned}
 &= 64/1270 \\
 F &= 0,05 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0,05 \times \frac{1,6}{0,114} \times \frac{0,01^2}{2,9,81} \\
 H_f &= 0,0000036 \text{ m} \\
 &= 0,00036 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Headloss baffle:

Rumus *headloss baffle* dapat dilihat pada persamaan 2.

23.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 K &= 3,2 \\
 Q &= 77,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 A_s &= 13,2 \text{ m}^2 \\
 g &= 9,81 \text{ m/det}^2 \\
 v &= Q/A_s \\
 &= 77,8/13,2 \\
 &= 5,9 \text{ m/hari} \\
 &= 0,00068 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f &= K \cdot \frac{v^2}{2g} \\
 &= 3,2 \cdot \frac{0,000068^2}{2,9,81} \\
 &= 7,5 \times 10^{-10} \text{ m} \\
 &= 7,5 \times 10^{-8} \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ Total} &= 0,00036 \text{ cm} + 0,000000075 \text{ cm} \\
 &= 0,000360075 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan muka air pada ABR kompartemen 2- 4 adalah 0,000360075 cm

✓ **Headloss Kompartemen AF:**

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 L &= 1,3 \text{ m} \\
 D &= 0,216 \text{ m} \\
 v &= 0,01 \text{ m/det} \\
 g &= 9,81 \text{ m/det}^2
 \end{aligned}$$

Headloss pada pipa:

$$\begin{aligned}
 f &= 64/Re \\
 Re &= \frac{v \times D}{\vartheta} \\
 \text{Suhu} &= 25^0 \text{ c maka } \vartheta = 0,8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= \frac{0,01 \times 0,114}{0,8975 \times 10^{-6}} \\
 &= 1270 \text{ (Laminer)} \\
 F &= 64/\text{Re} \\
 &= 64/1270 \\
 F &= 0,05 \\
 H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 H_f &= 0,05 \times \frac{1,3}{0,114} \times \frac{0,01^2}{2,9,81} \\
 H_f &= 0,0000029 \text{ m} \\
 &= 0,00029 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Headloss media

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,91 \text{ l/det} = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \text{Kedalaman media (L)} &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Ukuran rongga (d)} &= 0,1 \text{ m} \\
 \text{Faktor bentuk media } (\psi) &= 1 \\
 \text{Porositas media (e)} &= 0,98 \\
 \text{Viskositas kinematis } (\mu) &= 8,7 \times 10^{-7} \text{ kg/m.s (suhu } 25^\circ\text{C)} \\
 \text{Massa jenis } (\rho) &= 0,9963 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Kecepatan filtrasi (v)} &= Q / (d^2) / e \\
 &= 0,0009 / (0,114^2) / 0,98 \\
 &= 0,091 \text{ m/det} \\
 N_{\text{Re}} &= \frac{\psi \rho d v}{\mu} \\
 &= \frac{1 \times 0,9963 \times 0,1 \times 0,091}{0,00000087} \\
 &= 10421,06 \\
 C_D &= 0,4 \text{ (} N_{\text{Re}} > 10^4 \text{)} \\
 \text{Headloss (Hf)} &= 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\psi \times d \times e^4 \times g} \\
 &= 1,067 \times \frac{0,4 \times 1,5 \times (0,091)^2}{1 \times 0,1 \times (0,98)^4 \times 9,8} \\
 &= 5,9 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 &= 0,59 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$H_f \text{ Total} = H_f \text{ pipa} + H_f \text{ media}$$

$$H_f \text{ Total} = 0,00029 \text{ cm} + 0,59 \text{ cm}$$

$$H_f \text{ Total} = 0,59029 \text{ cm}$$

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk masing – masing IPAL dapat dilihat pada Tabel 5. 51.

Tabel 5. 51Profil hidrolis IPAL D

unit bangunan	jenis headloss	headloss (cm)	headloss (m)	muka air (m)
Sumur Pengumpul				2,38
hf pompa		349	2,08003	0,29997
Anaerobic Baffled Reactor				0,29997
Kompartemen 1				0,29997
hf pipa		0,001800	0,000018	0,299988
Kompartemen 2				0,299988
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,299992
hf baffle		0,000000075	75	0,299991600
kompartemen 3				0,299991601
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,299995200
hf baffle		0,000000075	75	0,299995201
kompartemen 4				0,299995202
hf pipa		0,00036	0,0000036	0,299998801
hf baffle		0,000000075	75	0,299998802
Aerobic Filter				0,299998802
hf pipa		0,00029	0,0000029	0,300001702
hf media		0,59	0,0059	0,305901702
Outlet				0,305901702

Selanjutnya, memastikan bahwa debit outlet IPAL D menuju badan air terdekat tidak mengalami peluapan pada badan air. Jarak dari IPAL D menuju badan air setempat adalah 2 meter. Diketahui:

Badan air setempat berupa drainase perkotaan dengan bentuk segi empat memiliki dimensi:

Panjang = 1000 m

Lebar = 1 m

Tinggi = 2 m

Kedalaman air saat hujan = 0,5 m

Kapasitas drainase = panjang x lebar x tinggi
= 1000 x 1 x 2
= 2000 m³/hari

Q air drainase eksisting = panjang x lebar x kedalaman air
= 1000 x 1 x 0,5
= 500 m³/hari

Diketahui:

Q outlet IPAL = 26,78 m³/hari

Jumlah IPAL = 8 buah melayani Blok A

Q drainase total = Q outlet IPAL + Q air drainase
= (26,78 m³/hari x 8 buah) + 250 m³/hari
= 464,24 m³/hari

Q drainase total < kapasitas drainase, maka tidak terjadi
peluapan air ketika direncanakan outlet IPAL D masuk ke badan
air.

Direncanakan :

D Pipa outlet pipa = 114 mm = 0,114 m

Pipa outlet IPAL mempunyai kemiringan 0,01%.

$v \text{ pipa} = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$

$R = A/P = \frac{\pi \cdot D^2 / 4}{\pi \cdot D}$

$R = D/4 = 0,114/4$
= 0,0285

$v \text{ pipa} = 1/0,0012 \times 0,0285^{2/3} \times 0,005^{1/2}$

$v \text{ pipa} = 0,77 \text{ m/det.}$

Panjang pipa = 3,6 m

Elevasi awal pipa = 909,02 m

$Slope = (\text{elevasi awal pipa} - \text{elevasi akhir pipa}) / \text{panjang pipa}$

$0,0001 = (909,02 - \text{elevasi akhir pipa}) / 2,5 \text{ m}$

$2,5 \times 10^{-4} = 916,14 - \text{elevasi akhir pipa}$

Elevasi akhir pipa = 916,139 m

Jadi, elevasi akhir pipa IPAL menuju drainase adalah 916,139
meter. . Profil hidrolis IPAL D dapat dilihat pada Lampiran
Gambar PTA – 01 halaman 26.

5. 9 BOQ dan RAB Pembangunan SPAL dan IPAL

5.9.1 BOQ SPAL

Bill Of Quantity (BOQ) merupakan perhitungan suatu bahan atau bangunan untuk mengetahui jumlah atau volume yang dibutuhkan dalam perancangan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL). Perancangan tersebut meliputi perpipaan, galian, urugan pipa, dan bangunan pelengkap.

a. BOQ Perpipaan

Dalam perencanaan ini digunakan pipa PVC, data masing masing diameter dan panjang pipa diketahui dari perhitungan dimensi pipa. Setiap batang pipa PVC sepanjang 4 m.

Diketahui:

Blok A pada jalur A1 – A:

Panjang pipa (L) : 326,27 m

Panjang pipa per batang : 4 m

Jumlah pipa = $\frac{326,27}{4}$ = 82 batang

Berikut ini adalah perincian jumlah pipa yang dibutuhkan yang disajikan pada Tabel 5. 52, Tabel 5. 53, Tabel 5. 54, Tabel 5. 55.

Tabel 5. 52 Panjang pipa tiap jalur Blok A

No	Jalur Pipa	D Apply	L Pipa	L Pipa Per Batang	Jumlah Pipa
		mm	m	m	buah
1	A1-A	114	326,27	4	82
2	A-B	114	148,39	4	38
3	B1-B	114	328,46	4	83
4	B2-B	114	248,48	4	63
5	B-C	216	183,91	4	46
6	C1-C	114	225,05	4	57
7	C-D	216	226,67	4	57
8	D-E	216	188,02	4	48
9	E1-E	114	319,80	4	80
10	E-F	216	123,74	4	31
11	F1-F2	114	16,81	4	5

12	F2-F3	114	12,93	4	4
13	F3-F4	114	16,37	4	5
14	F4-F5	114	18,07	4	5
15	F5-F6	114	15,72	4	4
16	F6-F7	114	15,70	4	4
17	F7-F	114	17,30	4	5
18	F-G	216	236,62	4	60
19	G1-G	114	580,38	4	146
20	G-H	216	145,10	4	37
21	H-IPAL A	216	35,21	4	9

Tabel 5. 53 Panjang pipa tiap jalur Blok B

No	Jalur Pipa	D Apply	L Pipa	L Pipa Per Batang	Jumlah Pipa
		mm	m	m	buah
1	A1-A	140	666,87	4	167
2	A-B	140	66,49	4	17
3	B1-B2	114	43,11	4	11
4	B2-B3	114	39,77	4	10
5	B3-B4	114	39,99	4	10
6	B4-B5	114	40,16	4	11
7	B5-B6	114	39,70	4	10
8	B6-B7	114	25,90	4	7
9	B7-B8	114	23,99	4	6
10	B8-B9	114	40,27	4	11
11	B9-B	114	34,81	4	9
12	B-C	165	278,82	4	70
13	C1-C	114	114,23	4	29
14	C-D	165	125,35	4	32
15	D2-D1	114	181,28	4	46
16	D1-D	165	162,12	4	41
17	D-IPAL B	216	6,19	4	2

Tabel 5. 54 Panjang pipa tiap jalur Blok C

NO	Jalur Pipa	D Apply	L Pipa	L Pipa Per Batang	Jumlah Pipa

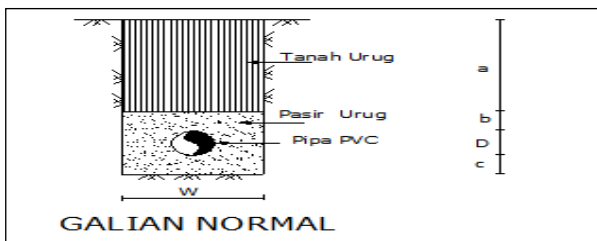
		mm	m	m	buah
1	A1-A	114	365,81	4	92
2	A-B	114	494,32	4	124
3	B1-B	114	355,07	4	89
4	B-C	114	305,14	4	77
5	C1-C	114	259,86	4	65
6	C-IPAL C	114	119,72	4	30

Tabel 5. 55 Panjang pipa tiap jalur Blok D

NO	Jalur Pipa	L Pipa		L Pipa Per Batang	Jumlah Pipa
		D Apply	L Pipa		
		mm	m	m	buah
1	A1 - A	114	608,35	4	153
2	A-B	114	72,77	4	19
3	D1-D	165	202,01	4	51
4	D-C	165	337,43	4	85
5	C1-C	165	401,57	4	101
6	C-B	216	72,64	4	19
7	B-IPAL D	216	6,98	4	2

b. BOQ Galian dan Urugan

Penggalian pipa disesuaikan pada keadaan tanah di wilayah. perencanaan yang cenderung stabil atau normal. Penanaman pipa dari muka tanah direncanakan sesuai dengan perhitungan penanaman pipa yang telah dihitung sebelumnya. Bentuk galian yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 5. 24.



Gambar 5. 22 Galian normal pipa SPAL

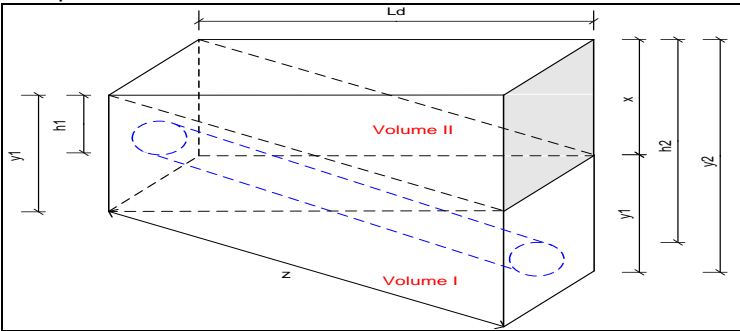
Adapun nilai a,b,c,D dan w telah diatur dalam standar Departemen Pekerjaan Umum yang dapat dilihat melalui Tabel 5. 56.

Tabel 5. 56 Standar urugan galian yang diperkenankan

No	Diameter (mm)	L	h pipa	h tanah	h pasir	c
		abcd	w	a	b	
1	50 -200	100 -115	55 - 60	65 - 75	15	15
2	150 - 200	120 - 125	65 -70	75	15	15
3	250 - 300	130 - 135	75 -80	75	15	15
4	350 - 400	140 -150	85 - 95	75	15	15
5	500 - 600	160 -170	100 -110	75	15	15
6	600 -700	180 - 190	120 -130	75	15	15
7	700 - 900	190 - 200	140 - 150	75	15	15
8	900 - 1100	200 - 210	160 -170	75	15	15
9	1100 - 1300	210 - 220	180 -190	75	15	15

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Bentuk Galian yang direncanakan sepanjang pipa dapat dilihat pada Gambar 5. 25.



Gambar 5. 23 Bentuk galian

Nilai a,b,c,D dan w pada masing- masing blok dapat dilihat pada Tabel 5. 57, Tabel 5.58, Tabel 5. 59, dan Tabel 5. 60.

Tabel 5. 57 Nilai a,b,c,D dan w pada Blok A

No	Jalur Pipa	L Pipa	D Apply		w galian	h tanah (a)	h pasir atas(b)	h pasir bawah (c)	b+D+c	a+b+ D+c
		m	mm	m	m	m	m	m	m	m
1	A1-A	326,27	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
2	A-B	148,39	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
3	B1-B	328,46	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
4	B2-B	248,48	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
5	B-C	183,91	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266
6	C1-C	225,05	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
7	C-D	226,67	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266
8	D-E	188,02	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266
9	E1-E	319,80	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
10	E-F	123,74	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266
11	F1-F2	16,81	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
12	F2-F3	12,93	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
13	F3-F4	16,37	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
14	F4-F5	18,07	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
15	F5-F6	15,72	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
16	F6-F7	15,70	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
17	F7-F	17,30	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
18	F-G	236,62	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266
19	G1-G	580,38	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064

No	Jalur Pipa	L Pipa	D Apply		w galian	h tanah (a)	h pasir atas(b)	h pasir bawah (c)	b+D+c	a+b+ D+c
		m	mm	m	m	m	m	m	m	m
20	G-H	145,10	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266
21	H-IPAL A	35,21	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266

Tabel 5. 58 Nilai a,b,c,D dan w pada Blok B

No	Jalur Pipa	L Pipa	D Apply		w galian	h tanah (a)	h pasir atas(b)	h pasir bawah (c)	b+D+c	a+b+D+c
		m	mm	m	m	m	m	m	m	m
1	A1-A	666,87	140	0,14	0,74	0,75	0,15	0,15	0,44	1,19
2	A-B	66,49	140	0,14	0,74	0,75	0,15	0,15	0,44	1,19
3	B1-B2	43,11	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
4	B2-B3	39,77	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
5	B3-B4	39,99	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
6	B4-B5	40,16	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
7	B5-B6	39,70	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
8	B6-B7	25,90	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
9	B7-B8	23,99	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
10	B8-B9	40,27	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
11	B9-B	34,81	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
12	B-C	278,82	165	0,165	0,765	0,75	0,15	0,15	0,465	1,215
13	C1-C	114,23	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
14	C-D	125,35	165	0,165	0,765	0,75	0,15	0,15	0,465	1,215

No	Jalur Pipa	L Pipa	D Apply		w galian	h tanah (a)	h pasir atas(b)	h pasir bawah (c)	b+D+c	a+b+D+c
		m	mm	m	m	m	m	m	m	m
15	D2-D1	181,28	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
16	D1-D	162,12	165	0,165	0,765	0,75	0,15	0,15	0,465	1,215
17	D-IPAL B	6,19	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266

Tabel 5. 59 Nilai a,b,c,D dan w pada Blok C

No	Jalur Pipa	L Pipa	D Apply		w galian	h tanah (a)	h pasir atas(b)	h pasir bawah (c)	b+D+c	a+b+D+c
		m	mm	m	m	m	m	m	m	m
1	A1-A	365,81	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
2	A-B	494,32	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
3	B1-B	355,07	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
4	B-C	305,14	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
5	C1-C	259,86	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
6	C-IPAL C	119,72	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064

Tabel 5. 60 Nilai a,b,c,D dan w pada Blok D

No	Jalur Pipa	L Pipa	D Apply		w galian	h tanah (a)	h pasir atas(b)	h pasir bawah (c)	b+D+c	a+b+D+c
		m	mm	m	m	m	m	m	m	m
1	A1 - A	608,35	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064

No	Jalur Pipa	L Pipa	D Apply		w galian	h tanah (a)	h pasir atas(b)	h pasir bawah (c)	b+D+c	a+b+D+c
		m	mm	m	m	m	m	m	m	m
2	A-B	72,77	114	0,114	0,714	0,65	0,15	0,15	0,414	1,064
3	D1-D	202,01	165	0,165	0,765	0,75	0,15	0,15	0,465	1,215
4	D-C	337,43	165	0,165	0,765	0,75	0,15	0,15	0,465	1,215
5	C1-C	401,57	165	0,165	0,765	0,75	0,15	0,15	0,465	1,215
6	C-B	72,64	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266
7	B-IPAL D	6,98	216	0,216	0,816	0,75	0,15	0,15	0,516	1,266

Perhitungan BOQ untuk galian pipa adalah sebagai berikut :

- D = diameter pipa.
- h = kedalaman penanaman pipa.
- h_1 = kedalaman penanaman pipa awal.
- h_2 = kedalaman penanaman pipa akhir.
- w = lebar galian
- y = kedalaman galian = $h + c$
- y_1 = kedalaman galian awal.
- y_2 = kedalaman galian akhir.
- Volume galian I = $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times z$
- Volume galian II = $\frac{1}{2} \times [(0,3 \times 2) + D] \times X \times Ld$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II
- Volume pipa = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times Ld$
- Volume urugan pasir = $[D + (0,3 \times 2)] \times (b + D + c) \times Ld - \text{Volume pipa.}$
- Volume Sisa Tanah Galian = Volume galian total – Volume urugan pasir.

Berikut contoh perhitungan Volume Pekerjaan galian pipa pada saluran A1-A pada Blok A adalah sebagai berikut:

- $D = 114 \text{ mm} = 0,114 \text{ m}$
- Panjang saluran = $L \text{ pipa} = 326,27 \text{ m}$
- $h_1 = 0,8 \text{ m}, h_2 = 2,1 \text{ m}$
- $y_1 = h_1 + c = 0,8 + 0,15 = 0,9 \text{ m}$
- $y_2 = h_2 + c = 2,1 + 0,15 = 2,2 \text{ m}$
- $X = y_2 - y_1$
 $= 2,2 - 0,9 = 1,3 \text{ m}$
- $Z = [(Ld^2) + (y_1^2)]^{1/2}$
 $= [(326,27^2) + (0,9^2)]^{1/2} = 326,28 \text{ m}$
- Volume galian I = $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times z$
 $= [(0,3 \times 2) + 0,114] \times 0,9 \times 326,28$
 $= 211,97 \text{ m}^3$
- Volume galian II = $\frac{1}{2} \times [X [(0,3 \times 2) + D] \times X \times Ld$
 $= \frac{1}{2} \times [(0,3 \times 2) + 0,114] \times 1,3 \times 326,27$
 $= 152,02 \text{ m}^3$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II
 $= 211,97 + 152,02$

- $$= 363,99 \text{ m}^3$$
- Volume pipa $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L_d$
 $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,114^2 \times 326,27$
 $= 1,06 \text{ m}^3$
 - Volume urugan pasir
 $= [(D + (0,3 \times 2)) \times (b + D + c) \times L_d] - \text{Volume Pipa}$
 $= [(0,114 + (0,3 \times 2)) \times (0,65 + 0,114 + 0,15) \times 326,27] -$
 $(1,06)$
 $= 110,78 \text{ m}^3$
 - Volume Sisa Tanah Galian = Volume galian total – Volume urugan pasir.
 $= 363,99 - 110,78$
 $= 111,84 \text{ m}^3$
 - Pasir pemasangan paving kembali
 $= \text{panjang pipa} \times \text{lebar galian} \times \text{tebal pasir (3 cm)}$
 $= 326,27 \times 0,6 \times 0,03$
 $= 69,89 \text{ m}^3$

Perhitungan lengkap BOQ galian pipa selengkapnya disajikan pada Tabel 5. 62, Tabel 5. 63, Tabel 5. 64, dan Tabel 5. 65.

c. BOQ *manhole*

Manhole setiap Blok memiliki jumlah yang berbeda, dimana *manhole* yang digunakan diantaranya yaitu *manhole* lurus, *manhole* belokan, *manhole* pertigaan, *manhole* perempatan, dan *drop manhole*. Jumlah keseluruhan *manhole* disajikan pada Tabel 5. 61.

Tabel 5. 61 BOQ *manhole*

No	Jenis Manhole	Blok A	Blok B	Blok C	Blok D
1	lurus	20	6	7	6
2	belokan	38	27	25	30
3	pertigaan	4	4	2	1
4	drop manhole	1	2	0	1
	total Manhole	63	39	34	38

Tabel 5. 62 BOQ galian Blok A

No.	Jalur Pipa	L Pipa		D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total (m ³)
		m	mm	m		awal (m)	akhir (m)	m	m	m	m	I	II	
1	A1-A	326,27	114	0,114		0,8	2,1	0,9	2,2	1,3	326,28	211,97	152,02	363,99
2	A-B	148,39	114	0,114		2,1	5,1	2,2	5,2	3,0	148,41	234,71	160,71	395,42
3	B1-B	328,46	114	0,114		0,8	4,7	0,9	4,9	4,0	328,46	213,39	465,69	679,08
4	B2-B	248,48	114	0,114		0,8	4,7	0,9	4,8	3,9	248,49	161,43	347,84	509,28
5	B-C	183,91	216	0,216		5,1	5,1	5,3	5,3	0,0	183,99	795,33	0,00	795,33
6	C1-C	225,05	114	0,114		0,8	4,2	0,9	4,4	3,5	225,05	146,21	279,26	425,47
7	C-D	226,67	216	0,216		5,1	4,7	5,3	4,8	0,5	226,73	980,08	43,16	1023,24
8	D-E	188,02	216	0,216		4,7	4,7	4,8	4,8	0,0	188,09	741,42	0,00	741,42
9	E1-E	319,80	114	0,114		0,8	5,4	0,9	5,5	4,6	319,80	207,76	529,35	737,12
10	E-F	123,74	216	0,216		4,7	0,3	4,8	0,5	4,3	123,83	488,13	219,56	707,69
11	F1-F2	16,81	114	0,114		0,8	0,1	0,9	0,3	0,6	16,83	10,94	3,85	14,78
12	F2-F3	12,93	114	0,114		0,7	0,2	0,9	0,4	0,5	12,96	8,04	2,28	10,32
13	F3-F4	16,37	114	0,114		0,8	0,2	1,0	0,4	0,6	16,40	11,40	3,64	15,04
14	F4-F5	18,07	114	0,114		0,8	0,9	1,0	1,1	0,1	18,10	12,29	0,72	13,02
15	F5-F6	15,72	114	0,114		1,5	0,1	1,7	0,3	1,4	15,81	18,78	7,88	26,66
16	F6-F7	15,70	114	0,114		0,7	0,1	0,9	0,3	0,6	15,73	9,66	3,34	13,01
17	F7-F	17,30	114	0,114		0,7	0,1	0,9	0,2	0,7	17,32	10,68	4,08	14,76
18	F-G	236,62	216	0,216		0,3	0,3	0,5	0,5	0,0	236,62	93,02	0,00	93,02
19	G1-G	580,38	114	0,114		0,8	0,2	0,9	0,3	0,6	580,38	377,06	125,19	502,24

No.	Jalur Pipa	L Pipa	D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total (m ³)
		m	mm	m	awal (m)	akhir (m)	m	m	m	m	I	II	
20	G-H	145,10	216	0,216	0,3	1,0	0,5	1,2	0,7	145,10	57,05	40,62	97,67
21	H-IPAL A	35,21	216	0,216	1,0	1,0	1,2	1,2	0,0	35,23	33,57	0,00	33,57

Lanjutan BOQ galian Blok A

N o.	Jalur Pipa	Volume Pipa (m ³)	Volume Urugan Pasir (m ³)	Volume Tanah Urug (m ³)	Volume Sisa Tanah Galian (m ³)	pemasangan paving kembali (m ³)
1	A1-A	1,06	110,78	252,14	111,84	69,89
2	A-B	0,48	50,39	344,55	50,87	31,79
3	B1-B	1,07	111,52	566,48	112,59	70,36
4	B2-B	0,81	84,37	424,10	85,18	53,23
5	B-C	2,15	95,79	697,39	97,93	45,02
6	C1-C	0,73	76,41	348,32	77,14	48,21
7	C-D	2,64	118,06	902,54	120,70	55,49
8	D-E	2,19	97,93	641,30	100,13	46,03
9	E1-E	1,04	108,59	627,49	109,62	68,50
10	E-F	1,44	64,45	641,80	65,89	30,29
11	F1-F2	0,05	5,71	9,02	5,76	3,60
12	F2-F3	0,04	4,39	5,89	4,43	2,77
13	F3-F4	0,05	5,56	9,43	5,61	3,51
14	F4-F5	0,06	6,14	6,82	6,20	3,87

N o.	Jalur Pipa	Volume Pipa (m ³)	Volume Urugan Pasir (m ³)	Volume Tanah Urug (m ³)	Volume Sisa Tanah Galian (m ³)	pemasangan paving kembali (m ³)
15	F5-F6	0,05	5,34	21,27	5,39	3,37
16	F6-F7	0,05	5,33	7,62	5,38	3,36
17	F7-F	0,06	5,87	8,83	5,93	3,71
18	F-G	2,76	123,24	-32,98	126,00	57,92
19	G1-G	1,89	197,06	303,29	198,95	124,32
20	G-H	1,69	75,58	20,40	77,27	35,52
21	H-IPAL A	0,41	18,34	14,82	18,75	8,62

Tabel 5. 63 BOQ galian Blok B

No.	Jalur Pipa	L Pipa		D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total (m ³)
		m	mm	m		awal (m)	akhir (m)					I	II	
1	A1-A	666,87	140	0,14		0,8	5,0	0,9	5,2	4,2	666,87	461,16	1047,26	1508,42
2	A-B	66,49	140	0,14		5,0	0,8	5,2	1,0	4,2	66,69	255,59	102,90	358,49
3	B1-B2	43,11	114	0,114		0,8	0,1	0,9	0,3	0,7	43,12	28,01	10,06	38,07
4	B2-B3	39,77	114	0,114		0,7	0,1	0,9	0,3	0,6	39,78	24,42	8,43	32,85
5	B3-B4	39,99	114	0,114		0,7	0,1	0,9	0,3	0,6	40,00	24,56	8,57	33,13
6	B4-B5	40,16	114	0,114		0,7	0,1	0,9	0,3	0,6	40,17	24,66	8,57	33,23
7	B5-B6	39,70	114	0,114		0,7	0,1	0,9	0,3	0,6	39,71	24,38	8,43	32,81
8	B6-B7	25,90	114	0,114		0,7	0,3	0,9	0,5	0,4	25,91	15,91	3,45	19,36
9	B7-B8	23,99	114	0,114		0,7	0,8	0,9	0,9	0,0	24,01	15,13	0,36	15,49

No.	Jalur Pipa	L Pipa		D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total (m ³)
		m	mm	m		awal (m)	akhir (m)					I	II	
10	B8-B9	40,27	114	0,114		1,1	0,1	1,3	0,3	1,0	40,29	37,11	14,89	52,00
11	B9-B	34,81	114	0,114		0,7	0,8	0,9	1,0	0,1	34,82	21,23	1,23	22,46
12	B-C	278,82	165	0,165		0,9	3,2	1,0	3,3	2,3	278,82	215,06	247,99	463,06
13	C1-C	114,23	114	0,114		1,0	2,6	1,1	2,7	1,6	114,24	90,53	65,97	156,50
14	C-D	125,35	165	0,165		3,2	4,1	3,3	4,3	0,9	125,39	319,77	44,91	364,69
15	D2-D1	181,28	114	0,114		0,8	1,6	0,9	1,8	0,9	181,28	117,77	57,55	175,32
16	D1-D	162,12	165	0,165		4,1	4,1	4,3	4,3	0,0	162,17	529,78	0,00	529,78
17	D-IPAL B	6,19	216	0,216		4,1	4,2	4,3	4,3	0,0	7,54	26,42	0,09	26,51

Lanjutan BOQ galian Blok B

N o.	Jalur Pipa	Volume Pipa (m ³)	Volume Urugan Pasir (m ³)	Volume Tanah Urug (m ³)	Volume Sisa Tanah Galian (m ³)	pemasangan paving kembali (m ³)
1	A1-A	3,27	254,94	1250,21	258,21	148,05
2	A-B	0,33	25,42	332,74	25,75	14,76
3	B1-B2	0,14	14,64	23,29	14,78	9,23
4	B2-B3	0,13	13,50	19,22	13,63	8,52
5	B3-B4	0,13	13,58	19,42	13,71	8,57
6	B4-B5	0,13	13,64	19,46	13,77	8,60
7	B5-B6	0,13	13,48	19,20	13,61	8,50
8	B6-B7	0,08	8,79	10,49	8,88	5,55

N o.	Jalur Pipa	Volume Pipa (m ³)	Volume Urugan Pasir (m ³)	Volume Tanah Urug (m ³)	Volume Sisa Tanah Galian (m ³)	pemasangan paving kembali (m ³)
9	B7-B8	0,08	8,15	7,27	8,22	5,14
10	B8-B9	0,13	13,67	38,20	13,80	8,63
11	B9-B	0,11	11,82	10,53	11,93	7,46
12	B-C	1,90	118,68	342,48	120,58	63,99
13	C1-C	0,37	38,79	117,34	39,16	24,47
14	C-D	0,85	53,35	310,48	54,21	28,77
15	D2-D1	0,59	61,55	113,18	62,14	38,83
16	D1-D	1,10	69,00	459,68	70,11	37,21
17	D-IPAL B	0,07	3,23	23,21	3,30	1,52

Tabel 5. 64 BOQ galian Blok C

No.	Jalur Pipa	L Pipa		D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total (m ³)
		m	mm	m		awal (m)	akhir (m)	m	m	m	m	I	II	
1	A1-A	365,81	114	0,114		0,8	1,5	0,9	1,6	0,7	365,81	237,66	92,60	330,25
2	A-B	494,32	114	0,114		1,3	7,1	1,5	7,3	5,8	494,33	518,46	1028,72	1547,18
3	B1-B	355,07	114	0,114		1,2	2,8	1,3	2,9	1,6	355,07	332,08	206,02	538,11
4	B-C	305,14	114	0,114		7,0	4,7	7,1	4,9	2,3	305,22	1557,81	248,69	1806,50
5	C1-C	259,86	114	0,114		0,8	0,2	0,9	0,3	0,6	259,87	168,83	53,13	221,95
6	C-IPAL C	119,72	114	0,114		4,6	4,7	4,7	4,9	0,1	119,81	403,38	6,41	409,79

Lanjutan BOQ galian Blok C

N o.	Jalur Pipa	Volume Pipa (m3)	Volume Urugan Pasir (m3)	Volume Tanah Urug (m3)	Volume Sisa Tanah Galian (m3)	pemasangan paving kembali
1	A1-A	1,19	124,21	204,86	125,40	78,36
2	A-B	1,61	167,84	1377,73	169,45	105,88
3	B1-B	1,15	120,56	416,40	121,71	76,06
4	B-C	0,99	103,61	1701,90	104,60	65,36
5	C1-C	0,84	88,23	132,87	89,08	55,66
6	C-IPAL C	0,39	40,65	368,75	41,04	25,64

Tabel 5. 65 BOQ galian Blok D

No.	Jalur Pipa	L Pipa		D apply		Kedalaman Penggalian		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total (m3)			
		m	mm	m	awal (m)	akhir (m)	m					m	m		m	I	II
1	A1 - A	608,35	114	0,114	0,8	3,5	0,9	3,7	2,8	608,35	395,23	598,01	993,23				
2	A-B	72,77	114	0,114	3,4	2,2	3,5	2,4	1,1	72,85	182,76	29,16	211,91				
3	D1-D	202,01	165	0,165	1,5	2,0	1,7	2,1	0,5	202,01	256,32	34,93	291,25				
4	D-C	337,43	165	0,165	1,8	0,3	2,0	0,5	1,5	337,44	506,12	191,72	697,84				
5	C1-C	401,57	165	0,165	0,8	3,1	1,0	3,3	2,3	401,57	294,48	353,09	647,57				
6	C-B	72,64	216	0,216	3,2	2,3	3,4	2,5	0,9	72,71	199,51	25,89	225,40				
7	B-IPAL D	6.98	216	0,216	2.2	2.4	2.3	2.5	0.2	7.36	14.04	0.55	14.59				

Lanjutan BOQ galian Blok D

N o.	Jalur Pipa	Volume Pipa (m3)	Volume Urugan Pasir (m3)	Volume Tanah Urug (m3)	Volume Sisa Tanah Galian (m3)	pemasangan paving kembali
1	A1 - A	1,98	206,56	784,70	208,54	130,31
2	A-B	0,24	24,71	186,97	24,94	15,59
3	D1-D	1,37	85,98	203,89	87,36	46,36
4	D-C	2,30	143,63	551,92	145,92	77,44
5	C1-C	2,73	170,92	473,91	173,66	92,16
6	C-B	0,85	37,83	186,72	38,68	17,78
7	B-IPAL D	0,08	3,63	10,88	3,72	1,71

5.9.2 RAB SPAL

RAB SPAL mengacu kepada HSPK Kota Bukittinggi tahun 2017. RAB SPAL masing – masing blok dapat dilihat pada Tabel 5. 66, Tabel 5. 67, Tabel 5.68 dan Tabel 5.69.

Tabel 5. 66 RAB SPAL Blok A

no	uraian pekerjaan	satua		harga satuan	jumlah harga
		n	volume		
1	pembokaran paving	m3	769,35	Rp9.220	Rp7.093.443
2	penggalian	m3	7212,12	Rp69.400	Rp500.520.829
3	urugan tanah	m3	5820,54	Rp23.100	Rp134.454.469
4	urugan pasir	m3	1370,85	Rp85.300	Rp116.933.351
5	pasangan pemasangan pipa PVC 4"	m3	7,40	Rp324.100	Rp2.397.485
6	pasangan pemasangan pipa PVC 8"	m3	11,10	Rp1.208.600	Rp13.409.723
7	pasangan paving blok	m2	769,35	Rp9.220	Rp7.093.443
8	pasangan sisa tanah manhole (Beton K 200)	m3	1391,58	Rp30.400	Rp42.303.908
9		buah	63	Rp379.332	Rp23.897.916
TOTAL					Rp848.104.568

Tabel 5. 67 RAB SPAL Blok B

no	uraian pekerjaan	satuan	volume	harga	
				satuan	jumlah harga
1	pembokaran paving	m3	427,78	Rp9.220	Rp3.944.118
2	penggalian	m3	3862,17	Rp69.400	Rp268.034.274
3	urugan tanah	m3	3116,38	Rp23.100	Rp71.988.487
4	urugan pasir	m3	736,24	Rp85.300	Rp62.800.912
5	pasangan pemasangan pipa PVC 4"	m3	2,02	Rp324.100	Rp656.247
6	pasangan pemasangan pipa PVC 5"	m3	3,59	Rp513.500	Rp1.845.246
7	pasangan pemasangan pipa PVC 6"	m3	1168,16	Rp720.200	Rp841.311.010
8	pasangan pemasangan pipa PVC 8"	m3	0,07	Rp1.208.600	Rp87.323
9	pasangan paving blok	m2	427,78	Rp9.220	Rp3.944.118
10	pasangan sisa tanah	m3	1391,58	Rp30.400	Rp42.303.908

no	uraian pekerjaan	satuan	volume	harga satuan	jumlah harga
11	manhole (Beton K 200)	buah	39	Rp379.332	Rp14.793.948
TOTAL					Rp1.311.709.591

Tabel 5. 68 RAB SPAL Blok C

no	uraian pekerjaan	satuan	volume	harga satuan	jumlah harga
1	pembokaran paving	m3	406,96	Rp9.220	Rp3.752.201
2	penggalian	m3	4853,78	Rp69.400	Rp336.852.438
3	urugan tanah	m3	4202,50	Rp23.100	Rp97.077.834
4	urugan pasir	m3	645,11	Rp85.300	Rp55.027.461
5	pemasangan pipa PVC 4"	m3	6,17	Rp0	Rp324.100
6	pemasangan paving blok	m2	406,96	Rp9.220	Rp3.752.201
7	pembuangan sisa tanah	m3	651,28	Rp30.400	Rp19.798.848
8	manhole (Beton K 200)	buah	34	Rp379.332	Rp12.976.397
TOTAL					Rp529.561.479

Tabel 5. 69 RAB SPAL Blok D

no	uraian pekerjaan	satuan	volume	harga satuan	jumlah harga
1	pembokaran paving	m3	381,35	Rp9.220	Rp3.516.004
2	penggalian	m3	3081,80	Rp69.400	Rp213.876.791
3	urugan tanah	m3	2398,98	Rp23.100	Rp55.416.531
4	urugan pasir	m3	673,27	Rp85.300	Rp57.429.748
5	pemasangan pipa PVC 4"	m3	2,21	Rp324.100	Rp717.219
7	pemasangan pipa PVC 6"	m3	6,40	Rp720.200	Rp4.612.673
8	pemasangan pipa PVC 8"	m3	0,93	Rp1.208.600	Rp1.122.307
9	pemasangan paving blok	m2	381,35	Rp9.220	Rp3.516.004
10	pembuangan sisa tanah	m3	682,81	Rp30.400	Rp20.757.549
11	manhole (Beton K 200)	buah	38	Rp379.332	Rp14.368.468
TOTAL					Rp375.333.294

5.9.3 BOQ IPAL

BOQ IPAL terdiri dari sumur pengumpul, ABR, dan AF.

a. BOQ Sumur Pengumpul

Unit Sumur pengumpul terdapat pada Blok B, Blok C dan

Blok D.

Blok B

Jumlah sumur pengumpul adalah 20 buah

Dimensi:

Panjang = 1,2 m

Lebar = 1,2 m

Kedalaman = 4,7 m

Tebal tutup = 0,1 m

Tebal plat dasar = 0,3 m

Lebar sepatu lantai = 0,3 m

Tebal lantai kerja = 0,05 m

Tebal pasir = 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

= $P \times L \times h \times \text{jumlah SP}$

= (panjang SP + sepatu lantai) x (lebar SP + sepatu lantai) x (tebal tutup + Kedalaman sumur pengumpul tebal plat dasar + tebal lantai kerja + tebal pasir) x Jumlah SP

= $(1,2+0,3+0,3) \times (1,2+0,3+0,3) \times (0,1+4,7+0,3+0,05+0,1) \times 20$
= 135 m^3

Pengurugan pasir dengan pemadatan

= $P \times L \times \text{tebal pasir} \times \text{jumlah SP}$

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal pasir) x Jumlah SP

= $(1,2+0,3+0,3) \times (1,2+0,3+0,3) \times 0,1 \times 20$
= $6,48 \text{ m}^3$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar) x jumlah SP

= $(1,2 + 0,3 + 0,3) \times (1,2 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,3) \times 20$
= $22,68 \text{ m}^3$

- beton dinding bangunan
 $= [(panjang \times 2) + (lebar \times 2)] \times tebal \text{ dinding} \times kedalaman \times \text{Jumlah SP}$
 $= [(1,2 \times 2) + (1,2 \times 2)] \times 0,15 \times 3 \times 20$
 $= 902,4 \text{ m}^3$
- beton tutup bangunan
 $= panjang \times lebar \times tebal \text{ tutup} \times \text{jumlah SP}$
 $= 3,15 \times 3,15 \times 0,01 \times 20$
 $= 57,6 \text{ m}^3$
- Total volume beton bangunan
 $= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} + \text{beton tutup}$
 $= 22,68 + 902,4 + 52,4$
 $= 982,68 \text{ m}^3$
- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi
 $= panjang \text{ sepatu lantai} \times lebar \text{ sepatu lantai} \times tinggi \text{ urugan} \times \text{jumlah SP}$
 $= [(1,2 + 0,3 + 0,3) \times (1,2 + 0,3 + 0,3)] \times 6,48 \times 20$
 $= 419,9 \text{ m}^3$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $902,4 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/ m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi}$$

$$= 902,4 \times 110$$

$$= 99264 \text{ Kg}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\text{Volume} = 25 \% \times \text{Volume beton lantai}$$

$$= 0,25 \times 22,68 \text{ m}^3$$

$$= 5,67 \text{ m}^3$$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\text{Volume} = 80 \% \times \text{Volume beton dinding}$$

$$= 0,80 \times 902,4 \text{ m}^3$$

$$= 721,9 \text{ m}^3$$

- Volume Bekisting untuk Atap

Volume bekisting untuk atap adalah 100% dari Volume beton atap

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 100\% \times \text{Volume beton atap} \\ &= 1 \times 785,19 \text{ m}^3 \\ &= 785,19 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Total Bekisting

= bekisting lantai + bekisting dinding + bekisting tutup

$$= 5,67 + 721,9 + 57,6$$

$$= 785,19 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pompa

Pompa yang digunakan sebanyak 20 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju ABR

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 32 meter untuk 20 sumur pengumpul. Panjang pipa per batang yaitu 4 meter, maka dibutuhkan sebanyak 96 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 4".

Blok C

Jumlah sumur pengumpul adalah 13 buah

Dimensi:

$$\text{Panjang} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 5,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal tutup} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Tebal plat dasar} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sepatu lantai} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal lantai kerja} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pasir} = 0,1 \text{ m}$$

Penggalan tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h \times \text{jumlah SP}$$

$$\begin{aligned}&= (\text{panjang SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar SP} + \text{sepatu lantai}) \times \\ &(\text{tebal tutup} + \text{Kedalaman sumur pengumpul} + \text{tebal plat dasar} + \\ &\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir}) \times \text{Jumlah SP}\end{aligned}$$

$$= (1,2+0,3+0,3) \times (1,2+0,3+0,3) \times (0,1+5,2+0,3+0,05+0,1) \times 13$$

$$= 97 \text{ m}^3$$

Pengurangan pasir dengan pemadatan

= P x L x tebal pasir x jumlah SP

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal pasir) x Jumlah SP

$$= (1,2+0,3+0,3) \times (1,2+0,3+0,3) \times 0,1 \times 13$$

$$= 4,21 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar) x jumlah SP

$$= (1,2 + 0,3 + 0,3) \times (1,2 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,3) \times 13$$

$$= 14,74 \text{ m}^3$$

- beton dinding bangunan

= [(panjang x 2) + (lebar x 2)] x tebal dinding x kedalaman x Jumlah SP

$$= [(1,2 \times 2) + (1,2 \times 2)] \times 0,15 \times 5,2 \times 13$$

$$= 1,87 \text{ m}^3$$

- beton tutup bangunan

= panjang x lebar x tebal tutup x jumlah SP

$$= 3,15 \times 3,15 \times 0,01 \times 20$$

$$= 57,6 \text{ m}^3$$

- Total volume beton bangunan

= beton lantai + beton dinding + beton tutup

$$= 14,74 + 32,45 + 1,87$$

$$= 49,06 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pengurangan tanah kembali untuk konstruksi

= panjang sepatu lantai x lebar sepatu lantai x tinggi urugan x jumlah SP

$$= [(1,2 + 0,3 + 0,3) \times (1,2 + 0,3 + 0,3)] \times 4,21 \times 13$$

$$= 177,4 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $32,45 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

= volume pembesian x berat besi

$$= 32,45 \times 110$$

$$= 3569,28 \text{ Kg}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 25 \% \times \text{Volume beton lantai} \\ &= 0,25 \times 14,74 \text{ m}^3 \\ &= 3,69 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 80 \% \times \text{Volume beton dinding} \\ &= 0,80 \times 32,45 \text{ m}^3 \\ &= 26 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Bekisting untuk Atap

Volume bekisting untuk atap adalah 100% dari Volume beton atap

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 100\% \times \text{Volume beton atap} \\ &= 1 \times 1,87 \text{ m}^3 \\ &= 1,87 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Total Bekisting

$$\begin{aligned} &= \text{bekisting lantai} + \text{bekisting dinding} + \text{bekisting tutup} \\ &= 3,69 + 26 + 1,87 \\ &= 31,52 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan pompa

Pompa yang digunakan sebanyak 13 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju ABR

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 78 meter untuk 13 sumur pengumpul. Panjang pipa per batang yaitu 4 meter, maka dibutuhkan sebanyak 20 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 8".

Blok D

Jumlah sumur pengumpul adalah 8 buah

Dimensi:

Panjang	= 1,2 m
Lebar	= 1,2 m
Kedalaman	= 2,88 m
Tebal tutup	= 0,1 m
Tebal plat dasar	= 0,3 m
Lebar sepatu lantai	= 0,3 m
Tebal lantai kerja	= 0,05 m
Tebal pasir	= 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

= $P \times L \times h \times \text{jumlah SP}$

= (panjang SP + sepatu lantai) x (lebar SP + sepatu lantai) x (tebal tutup + Kedalaman sumur pengumpul tebal plat dasar + tebal lantai kerja + tebal pasir) x Jumlah SP

$$= (1,2+0,3+0,3) \times (1,2+0,3+0,3) \times (0,1+2,88+0,3+0,05+0,1) \times 8$$
$$= 33 \text{ m}^3$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

= $P \times L \times \text{tebal pasir} \times \text{jumlah SP}$

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal pasir) x Jumlah SP

$$= (1,2+0,3+0,3) \times (1,2+0,3+0,3) \times 0,1 \times 8$$
$$= 2,59 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar) x jumlah SP

$$= (1,2 + 0,3 + 0,3) \times (1,2 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,3) \times 8$$
$$= 9,07 \text{ m}^3$$

- beton dinding bangunan

= [(panjang x 2) + (lebar x 2)] x tebal dinding x kedalaman x Jumlah SP

$$= [(1,2 \times 2) + (1,2 \times 2)] \times 0,15 \times 2,88 \times 8$$
$$= 11,06 \text{ m}^3$$

- beton tutup bangunan

= panjang x lebar x tebal tutup x jumlah SP

$$= 3,15 \times 3,15 \times 0,01 \times 8$$

$$= 57,6 \text{ m}^3$$

- Total volume beton bangunan

= beton lantai + beton dinding + beton tutup

$$= 9,07 + 11,06 + 1,15$$

$$= 21,28 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi

= panjang sepatu lantai x lebar sepatu lantai x tinggi urugan x jumlah SP

$$= [(1,2 + 0,3 + 0,3) \times (1,2 + 0,3 + 0,3)] \times 2,59 \times 8$$

$$= 67,2 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $11,06 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

= volume pembesian x berat besi

$$= 11,06 \times 110$$

$$= 1216,51 \text{ Kg}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\text{Volume} = 25 \% \times \text{Volume beton lantai}$$

$$= 0,25 \times 9,07 \text{ m}^3$$

$$= 5,67 \text{ m}^3$$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\text{Volume} = 80 \% \times \text{Volume beton dinding}$$

$$= 0,80 \times 11,06 \text{ m}^3$$

$$= 8,8 \text{ m}^3$$

- Volume Bekisting untuk Atap

Volume bekisting untuk atap adalah 100% dari Volume beton atap

$$\text{Volume} = 100\% \times \text{Volume beton atap}$$

$$= 1 \times 1,15 \text{ m}^3$$

$$= 1,15 \text{ m}^3$$

- Total Bekisting
 = bekisting lantai + bekisting dinding + bekisting tutup
 = $2,27 + 8,8 + 1,15$
 = $12,28 \text{ m}^3$

Pekerjaan pompa

Pompa yang digunakan sebanyak 8 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju ABR

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 29,6 meter untuk 8 sumur pengumpul. Panjang pipa per batang yaitu 4 meter, maka dibutuhkan sebanyak 7 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 8".

b. BOQ ABR dan AF

Pada perencanaan ini, direncanakan IPAL tipikal 150 KK dengan BOQ sebagai berikut.

IPAL Tipikal 150 KK

Panjang total ABR dan AF

$$= \text{panjang bak pengendap} + \text{panjang kompartemen} + \text{panjang AF}$$

$$= 2,9 \text{ m} + 4,8 \text{ m} + 1,3 \text{ m}$$

$$= 9 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Tebal beton} = 0,2 \text{ m}$$

Volume beton dinding

$$= 2 \times (\text{tinggi} \times \text{tebal beton} \times \text{lebar}) + 2 \times (\text{tinggi ABR} \times \text{tebal beton} \times \text{panjang ABR dan AF})$$

$$= 2 \times (2,7 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}) + 2 \times (2,7 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 9 \text{ m})$$

$$= 12,31 \text{ m}^3$$

Volume beton lantai

$$= [(\text{panjang} + (\text{tebal} \times 9))] \times [(\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2))] \times \text{tebal}$$

$$= [(9 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2))] \times [(2,4 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2))] \times 0,2 \text{ m}$$

$$= 5,26 \text{ m}^3$$

Volume beton atap

= Volume beton lantai

$$= 5,26 \text{ m}^3$$

Volume beton antara kompartemen

= kompartemen ABR & AF + sekat *grease trap* – lubang pipa

= [jumlah kompartemen x (tebal x tinggi x lebar)] + [lebar x tinggi x tebal] – jumlah kompartemen x jumlah pipa per kompartemen x ($\pi \times ((d / 2)^2) \times \text{tebal}$)

$$= [4 \times (0,2 \text{ m} \times 2,7 \text{ m} \times 2,4 \text{ m})] + [2,4 \text{ m} \times 2,7 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}] - 4 \times 3 \times (3,14 \times ((0,114 \text{ m} / 2)^2) \times 0,2 \text{ m})$$

$$= 4,53 \text{ m}^3$$

Pemasangan pipa air kotor 4"

Panjang di pasaran = 4 m

Panjang yang dibutuhkan = $3 \times 4 \times 1,6 \text{ m} = 19 \text{ m}$

Jumlah pipa yang dibutuhkan = $19/4 = 5 \text{ batang}$

Volume total beton ABR

- Volume bekisting dinding

$$= 0,8 \times \text{Volume beton dinding}$$

$$= 0,8 \times 12,31 \text{ m}^3$$

$$= 9,85 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting lantai

$$= 0,25 \times \text{volume beton lantai}$$

$$= 0,25 \times 5,26 \text{ m}^3$$

$$= 1,31 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting atap

$$= \text{volume bekisting lantai}$$

$$= 1,31 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting antar kompartemen

$$= 0,8 \times \text{volume beton antar kompartemen}$$

$$= 0,8 \times 4,53 \text{ m}^3$$

$$= 3,62 \text{ m}^3$$

Volume total beton ABR

= Volume beton dinding + Volume beton lantai + Volume beton atap + Volume beton antara kompartemen

$$= 9,85 \text{ m}^3 + 1,32 \text{ m}^3 + 1,32 \text{ m}^3 + 3,62 \text{ m}^3$$

$$= 27,38 \text{ m}^3$$

Pembuatan bouwplank

$$= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times 0,2 \text{ m}$$

$$= (2,4 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (9 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m}$$

$$= 5,26 \text{ m}^3$$

Pemasangan trucus bambu

$$= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi bambu}$$

$$= (2,4 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (9 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m}$$

$$= 5,26 \text{ m}^3$$

Urugan pasir dipadatkan

$$= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi pasir}$$

$$= (2,4 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (9 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 2,63 \text{ m}^3$$

Lantai kerja K-250

$$= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi lantai}$$

$$= (2,4 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (9 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,05 \text{ m}$$

$$= 1,32 \text{ m}^3$$

Kedalaman penanaman IPAL

$$= \text{tinggi ABR}$$

$$= 2,7 \text{ m}$$

Kedalaman galian tanah

$$= \text{kedalaman penanaman IPAL} + \text{tinggi terucus bambu} + \text{tinggi urugan pasir dipadatkan} + \text{tinggi lantai kerja}$$

$$= 2,7 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,1 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$$

$$= 3,05 \text{ m}$$

Sheet Pile

Pekerjaan pembuatan *sheet pile* menggunakan baja untuk pengaman galian agar tanah tidak longsor karena penanaman cukup dalam. Perhitungan volume pembuatan *sheet pile* dilakukan dengan cara sebagai berikut

Panjang *sheet pile*

$$\begin{aligned} &= \text{panjang total ABR \& AF} + 0,5 \times 2 \\ &= 9 + 0,5 \times 2 \\ &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar *sheet pile*

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar total} + \text{lebar beton} \times 2) + 0,5 \times 2 \\ &= (5,6 + 0,2 \times 2) + 0,5 \times 2 \\ &= 3,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume panjang *sheet pile*

$$\begin{aligned} &= \text{panjang} \times \text{lebar kayu} \times \text{kedalaman penanaman} \times 2 \\ &= 10 \text{ m} \times 0,06 \text{ m} \times 2,7 \text{ m} \times 2 \\ &= 3,24 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume lebar *sheet pile*

$$\begin{aligned} &= \text{lebar} \times \text{lebar kayu} \times \text{kedalaman penanaman} \times 2 \\ &= 3,8 \text{ m} \times 0,06 \text{ m} \times 2,7 \text{ m} \times 2 \\ &= 1,23 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume total *sheet pile*

$$\begin{aligned} &= 3,24 \text{ m}^3 + 1,23 \text{ m}^3 \\ &= 4,47 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan penggalian tanah untuk konstruksi

Panjang = pekerjaan *sheet pile* = 10 m

Lebar = pekerjaan *sheet pile* = 3,8 m

Tinggi = kedalaman galian tanah = 3,05 m

Volume penggalian tanah untuk konstruksi

$$\begin{aligned} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 10 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 3,05 \text{ m} \\ &= 115,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1 m

$$\begin{aligned} &= \text{pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi} \\ &= 115,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pengangkutan tanah keluar proyek

= pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi

= 115,9 m³

Aksesoris pipa

- Pipa vent = 2 buah

- Tee = 25 buah

Media sarang tawon

Volume media = 1,5 m³

Pengadaan Blower

Jumlah blower yang dibutuhkan adalah 2 buah.

Jumlah IPAL pada masing – masing Blok dapat dilihat pada Tabel 5. 48.

5.9.4 RAB IPAL

a. RAB Sumur Pengumpul

RAB sumur pengumpul dapat dilihat pada Tabel 5. 70, Tabel 5. 71, dan Tabel 5. 72.

Tabel 5. 70 RAB sumur pengumpul Blok B

no	uraian pekerjaan	satuan	volume	harga satuan	jumlah harga
SUMUR PENGUMPUL					
1	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m3	135	Rp69.400	Rp9.393.984
2	Penguruga n Pasir Padat	m3	6,48	Rp85.300	Rp552.744
3	pekerjaan beton K- 225	m3	982,68	Rp1.079.600	Rp1.060.901.328
4	pengurangan tanah kembali untuk konstruksi	m3	419,90	Rp23.100	Rp9.699.782
5	pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)	m3	99264	Rp16.700	Rp1.657.708.800

no	uraian pekerjaan	satuan	volume	harga satuan	jumlah harga
6	Pekerjaan Bekisting Lantai	m3	5,67	Rp392.800	Rp2.227.176
7	Pekerjaan Bekisting Atap	m3	57,6	Rp392.800	Rp22.625.280
8	Pekerjaan Bekisting Dinding	m3	721,92	Rp302.200	Rp218.164.224
9	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 8"	batang	22	Rp1.200	Rp26.400
10	pengadaaan pompa	buah	20	Rp1.600.000	Rp32.000.000
TOTAL					Rp3.013.299.718

Tabel 5. 71 RAB sumur pengumpul Blok C

no	uraian pekerjaan	satuan	Volume	harga satuan	jumlah harga
SUMUR PENGUMPUL					
1	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m3	97	Rp69.400	Rp6.755.674
2	Pengurugan Pasir Padat	m3	4,21	Rp85.300	Rp359.284
3	pekerjaan beton K-225	m3	49,06	Rp1.079.600	Rp52.967.335
4	pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m3	177,41	Rp23.100	Rp4.098.158
5	pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)	m3	3569,28	Rp16.700	Rp59.606.976
6	Pekerjaan Bekisting Lantai	m3	3,69	Rp392.800	Rp1.447.664
7	Pekerjaan Bekisting	m3	1,87	Rp392.800	Rp735.322

no	uraian pekerjaan	satuan	Volume	harga satuan	jumlah harga
	Atap				
8	Pekerjaan Bekisting Dinding	m3	25,964	Rp302.200	Rp7.844.628
9	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 8"	batang	20	Rp1.200	Rp23.400
10	pengadaaaan pompa	buah	13	Rp1.600.000	Rp20.800.000
TOTAL					Rp154.638.441

Tabel 5. 72 RAB sumur pengumpul Blok D

no	uraian pekerjaan	satuan	Volume	harga satuan	jumlah harga
SUMUR PENGUMPUL					
1	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m3	33	Rp69.400	Rp2.302.525
2	Pengurugan Pasir Padat	m3	2,59	Rp85.300	Rp221.098
3	pekerjaan beton K-225	m3	21,28	Rp1.079.600	Rp22.977.343
4	pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m3	67,18	Rp23.100	Rp1.551.965
5	pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)	m3	1216,51	Rp16.700	Rp20.315.750
6	Pekerjaan Bekisting Lantai	m3	2,27	Rp392.800	Rp890.870
7	Pekerjaan Bekisting Atap	m3	1,15	Rp392.800	Rp452.506
8	Pekerjaan Bekisting Dinding	m3	8,85	Rp302.200	Rp2.673.672

no	uraian pekerjaan	satuan	Volume	harga satuan	jumlah harga
9	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 8"	batang	7	Rp1.200	Rp8.880
10	pengadaaan pompa	buah	8	Rp1.600.000	Rp12.800.000
TOTAL					Rp64.194.610

b. RAB ABR dan AF tipikal 150 KK

Hasil perhitungan RAB ABR dan AF tipikal 150 KK dapat dilihat pada Tabel 5. 73.

Tabel 5. 73 RAB ABR dan AF tipikal 150 KK

RAB IPAL TIPIKAL 150 KK					
no	uraian pekerjaan	satuan	volume	harga satuan	jumlah harga
1	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m3	115,9	Rp69.400	Rp8.043.460
2	Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m	m3	115,9	Rp23.000	Rp2.665.700
3	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	m3	115,9	Rp53.750	Rp6.229.625
4	Pemasangan (Sewa) Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing Pekerjaan Beton K-100	m3	4,4712	Rp847.000	Rp3.787.106
5	Pembuatan Bouwplank / Titik	m3	5,264	Rp14.600	Rp76.854

6	Pemasangan Trucuk Bambu f 10 s/d 12 P.3m	m3	5,264	Rp37.800	Rp198.979
7	Pengurugan Pasir Padat	m3	2,632	Rp85.300	Rp224.510
8	Lantai Kerja K-250	m3	1,316	Rp85.300	Rp112.255
9	Pekerjaan Bekisting Lantai	m3	1,316	Rp392.800	Rp516.925
10	Pekerjaan Bekisting Atap	m3	1,316	Rp392.800	Rp516.925
11	Pekerjaan Bekisting Dinding	m3	9,8496	Rp302.200	Rp2.976.549
12	Pekerjaan Beton K-250	m3	1,316	Rp1.053.700	Rp1.386.669
13	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"	batang	5	Rp1.200	Rp5.760
14	Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor BlokA	buah	27	Rp159.250	Rp4.299.750
15	pemasangan media sarang tawon	m3	1,5	Rp752.400	Rp1.128.600
16	pengadaan blower	buah	2	Rp7.790.000	Rp15.580.000
TOTAL					Rp47.749.667

5.9.5 Rekapitulasi BOQ dan RAB

Hasil rakapitulasi BOQ dan RAB pembangunan SPAL dan IPAL pada masing – masing blok pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5. 74.

Tabel 5. 74 Rekapitulasi BOQ dan RAB SPAL dan IPAL

LOKASI	BOQ						RAB		
	SPAL			IPAL			IPAL		TOTAL
	Pekerjaan	satuan	volume	satuan	sumur pengumpul	ABR DAN AF	SPAL	sumur pengumpul	
BLOK A	pembokaran paving	m3	769,35				Rp7.093.443		
	penggalian	m3	9601,30				Rp500.520.829		
	urugan tanah	m3	8209,73				Rp134.454.469		
	urugan pasir	m3	1370,85				Rp116.933.351		
	pemasangan pipa PVC 4"	m3	7,40	buah	0	28	Rp2.397.485	Rp0	Rp1.336.990.685
	pemasangan pipa PVC 8"	m3	11,10				Rp13.409.723		
	pemasangan paving blok	m2	769,35				Rp7.093.443		
	pembuangan sisa tanah	m3	1391,58				Rp42.303.908		
	manhole (Beton K 200)	buah	61				Rp23.897.916		
	pembokaran paving	m3	427,78				Rp3.944.118		
BLOK B	penggalian	m3	5492,82				Rp268.034.274		
	Pekerjaan	m3	4747,04				Rp71.988.487		
	urugan pasir	m3	736,24				Rp62.800.912		
	pemasangan pipa PVC 4"	m3	2,02				Rp656.247		
	pemasangan pipa PVC 5"	m3	3,59	buah	20	20	Rp1.845.246	Rp3.013.299.718	Rp954.993.346
	pemasangan pipa PVC 6"	m3	1473,70				Rp841.311.010		
	pemasangan pipa PVC 8"	m3	0,07				Rp87.323		
	pemasangan paving blok	m2	427,78				Rp3.944.118		
	pembuangan sisa tanah	m3	1391,58				Rp42.303.908		
	manhole (Beton K 200)	buah	38,00				Rp14.793.948		
BLOK C	pembokaran paving	m3	406,96				Rp3.752.201		
	penggalian	m3	6489,35				Rp336.852.438		
	manhole (Beton K 200)	m3	5838,07				Rp97.077.834		
	urugan pasir	m3	645,11	buah	13	13	Rp55.027.461	Rp154.638.441	Rp620.745.675
	pemasangan pipa PVC 4"	m3	6,17				Rp324.100		
	pemasangan paving blok	m2	406,96				Rp3.752.201		
	pembuangan sisa tanah	m3	651,28				Rp19.798.848		
	manhole (Beton K 200)	buah	27,81				Rp12.976.397		
	pembokaran paving	m3	381,35				Rp3.516.004		
	penggalian	m3	4315,14				Rp213.876.791		
BLOK D	urugan tanah	m3	3632,32	buah	8	8	Rp55.416.531	Rp64.194.610	Rp381.997.339
	urugan pasir	m3	673,27				Rp57.429.748		
	pemasangan pipa PVC 4"	m3	2,21				Rp717.219		
	pemasangan pipa PVC 6"	m3	6,40				Rp4.612.673		

LOKASI	BOQ						RAB		TOTAL
	SPAL			IPAL			IPAL		
	Pekerjaan	satuan	volume	satuan	sumur pengumpul	ABR DAN AF	sumur pengumpul	ABR DAN AF	
	pemasangan pipa PVC 8"	m3	0,93				Rp1.122.307		
	pemasangan paving blok	m2	381,35				Rp3.516.004		
	pembuangan sisa tanah	m3	682,81				Rp20.757.549		
	manhole (Beton K 200)	buah	38,61				Rp14.368.468		

5. 10 Operasional dan Pemeliharaan IPAL

Operasional dan pemeliharaan IPAL tipikal 150 KK mengacu kepada petunjuk Pelaksanaan DAK SLBM (Dana Alokasi Khusus Sanitasi Lingkungan Berbasis Masyarakat) tahun 2014 dan ditambahkan penggantian filter sarang tawon setiap 5 tahun sekali, biaya listrik pompa, dan listrik diffuser AF.

Diketahui:

Listrik pompa = Rp. 2.935 per hari

Listrik *diffuser* = Rp.14.086 per hari

Diasumsikan : 1 bulan terdiri dari 30 hari, maka:

Listrik pompa tiap bulan = Rp. 88.050 tiap bulan

Listrik *diffuser* tiap bulan = Rp.422.580 tiap bulan

Hasil perhitungan operasional dan pemeliharaan IPAL dapat dilihat pada Tabel 5. 75.

Tabel 5. 75 Operasional dan pemeliharaan IPAL

no SISTEM KOMUNAL – untuk 150 KK		
1	Operator Inspeksi 4x/bulan di IPAL, Pipa Utama, Pipa Sekunder @ Rp. 25.000,- / Inspeksi	Rp100.000
2	Pengurusan setiap 2 tahun Rp. 500.000,-	Rp21.000
3	Lain-lain: Perbaikan pipa, bak kontrol, IPAL. Asumsi: perbaikan pipa 40 m' setiap 2 tahun	Rp50.000
4	penggantian filter sarang tawon setiap 5 tahun sekali	Rp12.540
5	Listrik Pompa	Rp88.050
6	Listrik Diffuser Aerobik filter	Rp422.580
7	Total Biaya Pengoperasian dan Perawatan	Rp694.170
8	Biaya Pengoperasian dan Perawatan /KK/Bulan	Rp4.628

5. 11 Analisis Kelayakan Ekonomi

Kelayakan proyek yang digunakan dalam perencanaan ini adalah *Net Present Value* (NPV). Nilai NPV diperoleh dari total

manfaat bersih selama periode umur proyek yang didiskontokan dengan suku bunga Bank Indonesia 4,5% pada tahun 2017. Rumus NPV dapat dilihat pada persamaan 2. 20. Pada perencanaan ini digunakan dana hibah dari PU dalam pembangunan SPAL dan IPAL, dan iuran warga sebesar Rp. 4000 tiap bulan untuk operasional dan pemeliharaan IPAL. Pada perencanaan ini, direncanakan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah akan dibangun pada tahun yang ketiga (tahun 2019). Berikut contoh perhitungan NPV :

Diketahui: Blok A

<i>Discount factor</i>	: 4,5%
Biaya konstruksi	: Rp. 2.185.095.253
Biaya O & M IPAL 150KK:	Rp. 4.628 tiap bulan
Iuran warga	: Rp. 4000 tiap bulan
<i>Inflow</i>	= Dana hibah PU + iuran warga
Dana hibah PU	= biaya konstruksi
	= Rp. 2.185.095.253
Iuran warga	= 4.000/bulan x 12 bulan/tahun x
	= Rp. 8.330.040/ tahun untuk 1
	IPAL 150 KK
Jumlah IPAL	= 28 IPAL
Iuran warga total	= 28 IPAL x Rp. 8.330.040
	= Rp. 233.241.120/tahun

Pembangunan IPAL direncanakan pada tahun ketiga (tahun 2018) dengan *discount factor* 0,8763. Iuran warga direncanakan akan diberlakukan ketika IPAL telah beroperasi yaitu pada tahun 4 (tahun 2019).

<i>Inflow</i> pada tahun 3	= dana hibah PU
	= Rp. 2.185.095.253
<i>Outflow</i> pada tahun 3	= biaya konstruksi IPAL
	= Rp. 2.185.095.253
<i>Benefit</i>	= <i>inflow</i> – <i>outflow</i>
	= Rp. 0
PV	= <i>benefit</i> x <i>discount factor</i>
	= Rp. 0

Hasil perhitungan kriteria kelayakan ekonomi sistem penyaluran dan pengolahan air limbah pada masing- masing blok pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5. 76, Tabel 5. 77, Tabel 5. 78 dan Tabel 5. 79.

Tabel 5. 76 PV IPAL Blok A

No.	Cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
	INFLOW					
1	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp2.185.095.253	Rp0	Rp0
	Iuran warga	Rp0	Rp0	Rp0	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp2.185.095.253	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp0	Rp0	Rp0	Rp233.241.120	Rp233.241.120
	Total Pengeluaran	Rp0	Rp0	Rp2.185.095.253	Rp233.241.120	Rp233.241.120
	Benefit	Rp0	Rp0	Rp0	-Rp231.897.120	-Rp231.897.120
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8025
	PV	Rp0	Rp0	Rp0	-Rp194.468.925	-Rp186.097.439

Lanjutan PV IPAL Blok A

No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10

No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
	INFLOW					
1	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Iuran warga	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp233.241.120	Rp233.241.120	Rp233.241.120	Rp233.241.120	Rp233.241.120
	Total Pengeluaran	Rp233.241.120	Rp233.241.120	Rp233.241.120	Rp233.241.120	Rp233.241.120
	Benefit	-Rp231.897.120	Rp231.897.120	-Rp231.897.120	-Rp231.897.120	-Rp231.897.120
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,7679	0,7348	0,7032	0,6729	0,6439
	PV	-Rp178.073.798	Rp170.398.004	-Rp163.070.055	-Rp156.043.572	-Rp149.318.556

Berdasarkan Tabel 5. 76 dapat dihitung NPV dengan menjumlahkan nilai PV. Nilai NPV SPAL dan IPAL Blok A adalah -Rp1.197.470.348.

Tabel 5. 77 PV IPAL Blok B

No	cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
INFLOW						
1	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp5.280.002.656	Rp0	Rp0
	Iuran warga	Rp0	Rp0	Rp0	Rp1.344.000	Rp1.344.000
OUTFLOW						
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp5.280.002.656	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp0	Rp0	Rp0	Rp166.600.800	Rp166.600.800
	Total Pengeluaran	Rp0	Rp0	Rp5.280.002.656	Rp166.600.800	Rp166.600.800
	Benefit	Rp0	Rp0	Rp0	-Rp165.256.800	-Rp165.256.800
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8025
	PV	Rp0	Rp0	Rp0	-Rp138.584.352	-Rp132.618.582

Lanjutan PV IPAL Blok B

No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
1	INFLOW					

No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Iuran warga	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
2	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp166.600.800	Rp166.600.800	Rp166.600.800	Rp166.600.800	Rp166.600.800
	Total Pengeluaran	Rp166.600.800	Rp166.600.800	Rp166.600.800	Rp166.600.800	Rp166.600.800
	Benefit	-165256800	-165256800	-165256800	-165256800	-165256800
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,7679	0,7348	0,7032	0,6729	0,6439
	PV	-Rp126.900.697	-Rp121.430.697	-Rp116.208.582	-Rp111.201.301	-Rp106.408.854

Berdasarkan Tabel 5. 77 nilai NPV IPAL Blok B adalah - Rp853.353.064.

Tabel 5. 78 PV IPAL Blok C

REKAPITULASI DATA DOKUMEN						
No.	Cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
1	INFLOW					
	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp1.304.945.595	Rp0	Rp0
	Iuran warga	Rp0	Rp0	Rp0	Rp1.344.000	Rp1.344.000
2	OUTFLOW					
	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp1.304.945.595	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp0	Rp0	Rp0	Rp108.290.520	Rp108.290.520
	Total Pengeluaran	Rp0	Rp0	Rp1.304.945.595	Rp108.290.520	Rp108.290.520
	Benefit	Rp0	Rp0	Rp0	-Rp106.946.520	-Rp106.946.520
Discount Factor (DF 4,5%)		0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8025
PV		Rp0	Rp0	Rp0	-Rp89.685.352	-Rp85.824.582

Lanjutan PV IPAL Blok C

No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
INFLOW						
1	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Iuran warga	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000
OUTFLOW						
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp108.290.520	Rp108.290.520	Rp108.290.520	Rp108.290.520	Rp108.290.520
Total Pengeluaran		Rp108.290.520	Rp108.290.520	Rp108.290.520	Rp108.290.520	Rp108.290.520
Benefit		Rp106.946.520	-Rp106.946.520	-Rp106.946.520	-Rp106.946.520	-Rp106.946.520
Discount Factor (DF 4,5%)		0,7679	0,7348	0,7032	0,6729	0,6439
PV		-Rp82.124.233	-Rp78.584.303	-Rp75.204.793	-Rp71.964.313	-Rp68.862.864

Berdasarkan Tabel 5. 78. nilai NPV IPAL Blok C adalah - Rp552.250.440

Tabel 5. 79 Nilai PV IPAL Blok D

		Tahun				
No.	Cashflow	1	2	3	4	5
INFLOW						
1	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp821.525.242	Rp0	Rp0
	Iuran warga	Rp0	Rp0	Rp0	Rp1.344.000	Rp1.344.000
OUTFLOW						
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp821.525.242	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp0	Rp0	Rp0	Rp66.640.320	Rp66.640.320
Total Pengeluaran		Rp0	Rp0	Rp821.525.242	Rp66.640.320	Rp66.640.320
Benefit		Rp0	Rp0	Rp0	-Rp65.296.320	-Rp65.296.320
Discount Factor (DF 4,5%)		0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8025
PV		Rp0	Rp0	Rp0	-Rp54.757.494	-Rp52.400.297

Lanjutan PV IPAL Blok D

Langkah 4 - NPV dan IRR						
No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
INFLOW						
1	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Iuran warga	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000
OUTFLOW						
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp66.640.320	Rp66.640.320	Rp66.640.320	Rp66.640.320	Rp66.640.320
	Total Pengeluaran	Rp66.640.320	Rp66.640.320	Rp66.640.320	Rp66.640.320	Rp66.640.320
	Benefit	-65296320	-65296320	-65296320	-65296320	-65296320
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,7679	0,7348	0,7032	0,6729	0,6439
	PV	-Rp50.141.044	-Rp47.979.736	-Rp45.916.372	-Rp43.937.894	-Rp42.044.300

Berdasarkan Tabel 5. 79 nilai NPV IPAL Blok D adalah -Rp337.177.137.

5. 12 Skenario Kelayakan Finansial

Berdasarkan Tabel 5. 76, Tabel 5. 77, Tabel 5. 78 dan Tabel 5. 79 didapatkan NPV negatif. Agar proyek sistem penyaluran dan pengolahan Kecamatan Guguk Panjang dapat layak, cara untuk mengatasi NPV negatif adalah:

1. Memodifikasi petunjuk Pelaksanaan DAK SLBM dengan melakukan inspeksi di IPAL, pipa utama, pipa sekunder selama 1 kali tiap bulan.
2. Mencari sumber dana lain seperti APBD pemerintah untuk bidang sanitasi dan *corporate social responsibility* (CSR) ke perusahaan.

Berdasarkan petunjuk teknis PU mengenai pengembangan pengelolaan air limbah, APBD pemerintah dalam penanganan air limbah skala kawasan adalah beranggaran Rp. 327.797.101 pada satu Blok pelayanan.

sumber dana dalam pembangunan sistem penyaluran dan pengolahan limbah di Blok A, Blok B, Blok C dan Blok D bersumber dari APBD pemerintah sebesar Rp.200.000.000 pada tahun ke - 5 (tahun 2021) CSR dari perusahaan sebesar Rp.50.0000.000 yang diterima pada tahun ke – 5 (tahun 2021). Pada skenario kelayakan finansial Blok A ini diperoleh NPV positif dan besar keuntungan (Net B/C) satu kali lipat. Skenario kelayakan finansial Blok A dapat dilihat pada Tabel 5. 80. Pada skenario kelayakan finansial Blok B diperoleh NPV positif dengan keuntungan empat kali lipat yang dapat dilihat pada Tabel 5. 81. Pada skenario kelayakan finansial Blok C diperoleh NPV positif dengan keuntungan Sembilan kali lipat yang dapat dilihat pada Tabel 5. 82. Pada scenario kelayakan finansial Blok D diperoleh NPV positif dengan keuntungan delapan belas kali lipat yang dapat dilihat pada Tabel 5. 83.

Tabel 5. 80 skenario kelayakan finansial Blok A

No.	Cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
1	INFLOW					
				Rp2.185.095.25		
	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	3	Rp0	Rp0
	APBD Pemerintah	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp200.000.000
	CSR Perusahaan	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp50.000.000
	Iuran warga	Rp0	Rp0	Rp0	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
				Rp2.185.095.25		
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	3	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp0	Rp0	Rp0	Rp199.641.120	Rp199.641.120
				Rp2.185.095.25		
	Total Pengeluaran	Rp0	Rp0	3	Rp199.641.120	Rp199.641.120
	Benefit	Rp0	Rp0	Rp0	-Rp198.297.120	Rp51.702.880
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8025
	PV	Rp0	Rp0	Rp0	-Rp166.291.965	Rp41.491.561
	NPV	Rp57.333.33	2			

No.	Cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
	NET B/C	1				

Lanjutan skenario kelayakan finansial Blok A

No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
1	INFLOW					
	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	APBD Pemerintah	Rp200.000.000	Rp200.000.000	Rp200.000.000	Rp200.000.000	Rp200.000.000
	CSR Perusahaan	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000
	Iuran warga	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
2	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp199.641.120	Rp199.641.120	Rp199.641.120	Rp199.641.120	Rp199.641.120

No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
	Total Pengeluaran	Rp199.641.120	Rp199.641.120	Rp199.641.120	Rp199.641.120	Rp199.641.120
	Benefit	Rp51.702.880	Rp51.702.880	Rp51.702.880	Rp51.702.880	Rp51.702.880
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,7679	0,7348	0,7032	0,6729	0,6439
	PV	Rp39.702.642	Rp37.991.276	Rp36.357.465	Rp34.790.868	Rp33.291.484

Tabel 5. 81 Skenario kelayakan finansial Blok B

No	cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
1	INFLOW					
	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp5.280.002.656	Rp0	Rp0
	APBD PEMERINTAH	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp200.000.000
	CSR Perusahaan	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp50.000.000
	Iuran warga	Rp0	Rp0	Rp0	Rp1.344.000	Rp1.344.000
2	OUTFLOW					
	Biaya	Rp0	Rp0	Rp5.280.002.656	Rp0	Rp0

No	cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
	Konstruksi					
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp0	Rp0	Rp0	Rp142.600.800	Rp142.600.800
	Total Pengeluaran	Rp0	Rp0	Rp5.280.002.656	Rp142.600.800	Rp142.600.800
	Benefit	Rp0	Rp0	Rp0	-	Rp108.743.200
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8025
	PV	Rp0	Rp0	Rp0	-	Rp87.266.418
	NPV	Rp351.878.136				
	NET B/C	4				

Lanjutan skenario kelayakan finansial Blok B

No	cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
1	INFLOW					

No	cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
	Dana Hibah PU	0	0	0	0	0
	APBD PEMERINTAH	Rp200.000.0 00	Rp200.000.0 00	Rp200.000.0 00	Rp200.000.0 00	Rp200.000.000
	CSR Perusahaan	Rp50.000.00 0	Rp50.000.00 0	Rp50.000.00 0	Rp50.000.00 0	Rp50.000.000
	Iuran warga	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp142.600.8 00	Rp142.600.8 00	Rp142.600.8 00	Rp142.600.8 00	Rp142.600.800
	Total Pengeluaran	Rp142.600.8 00	Rp142.600.8 00	Rp142.600.8 00	Rp142.600.8 00	Rp142.600.800
	Benefit	Rp108.743.2 00	Rp108.743.2 00	Rp108.743.2 00	Rp108.743.2 00	Rp108.743.200
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,7679	0,7348	0,7032	0,6729	0,6439
	PV	83503903,28	79904503,36	76468218,24	73173299,28	70019746,48

Tabel 5. 82 skenario kelayakan finansial Blok C

No.	Cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
1	INFLOW					
	Dana Hibah PU APBD PEMERINTAH CSR Perusahaan Iuran warga	Rp0	Rp0	Rp1.304.945.595	Rp0	Rp0
		Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp200.000.000
		Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp50.000.000
		Rp0	Rp0	Rp0	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp1.304.945.595	Rp0	Rp0
2	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp0	Rp0	Rp0	Rp92.690.520	Rp92.690.520
	Total Pengeluaran	Rp0	Rp0	Rp1.304.945.595	Rp92.690.520	Rp92.690.520
	Benefit	Rp0	Rp0	Rp0	-	Rp158.653.480
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8025

No.	Cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
	PV	Rp0	Rp0	Rp0	Rp76.603.192	Rp127.319.418
	NPV	Rp609.604.840				
	NET B/C	9				

Lanjutan skenario kelayakan finansial Blok C

No	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
1	INFLOW					
	Dana Hibah					
	PU	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	APBD					
	PEMERINTA		Rp200.000.00	Rp200.000.00		
	H	Rp200.000.000	0	0	Rp200.000.000	Rp200.000.000
	CSR					
	Perusahaan	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000
	Iuran warga	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
2	Biaya					
	Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0

No	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp92.690.520	Rp92.690.520	Rp92.690.520	Rp92.690.520	Rp92.690.520
	Total Pengeluaran	Rp92.690.520	Rp92.690.520	Rp92.690.520	Rp92.690.520	Rp92.690.520
	Benefit	Rp158.653.480	Rp158.653.480	Rp158.653.480	Rp158.653.480	Rp158.653.480
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,7679	0,7348	0,7032	0,6729	0,6439
	PV	Rp121.830.007	Rp116.578.577	Rp111.565.127	Rp106.757.927	Rp102.156.976

Tabel 5. 83 skenario kelayakan finansial Blok D

No.	Cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
1	INFLOW					
	Dana Hibah PU APBD PEMERINTAH	Rp0	Rp0	Rp821.525.242	Rp0	Rp0
		Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp200.000.000

No.	Cashflow	Tahun				
		1	2	3	4	5
	CSR Perusahaan	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp50.000.000
	Iuran warga	Rp0	Rp0	Rp0	Rp1.344.000	Rp1.344.000
	OUTFLOW					
2	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp821.525.242	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp0	Rp0	Rp0	Rp31.689	Rp31.689
	Total Pengeluaran	Rp0	Rp0	Rp821.525.242	Rp57.040.320	Rp57.040.320
	Benefit	Rp0	Rp0	Rp0	-	Rp194.303.680
	Discount Factor (DF 4,5%)	0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8025
	PV	Rp0	Rp0	Rp0	Rp46.706.934	Rp155.928.703
	NPV	Rp793.695.343				
	NET B/C	18				

Lanjutan skenario kelayakan finansial Blok D

		Tahun				
No.	Cashflow	6	7	8	9	10
1	INFLOW					
	Dana Hibah PU	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	APBD PEMERINTAH	Rp200.000.000	Rp200.000.000	Rp200.000.000	Rp200.000.000	Rp200.000.000
	CSR Perusahaan	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp50.000.000
	Iuran warga	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000	Rp1.344.000
2	OUTFLOW					
	Biaya Konstruksi	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional dan pemeliharaan IPAL	Rp31.689	Rp31.689	Rp31.689	Rp31.689	Rp31.689
Total Pengeluaran		Rp57.040.320	Rp57.040.320	Rp57.040.320	Rp57.040.320	Rp57.040.320
Benefit		Rp194.303.680	Rp194.303.680	Rp194.303.680	Rp194.303.680	Rp194.303.680
Discount Factor (DF 4,5%)		0,7679	0,7348	0,7032	0,6729	0,6439

No.	Cashflow	Tahun				
		6	7	8	9	10
	PV	Rp149.205.796	Rp142.774.344	Rp136.634.348	Rp130.746.946	Rp125.112.140

5. 13 Sosialisasi ke masyarakat

Berdasarkan hasil survei masyarakat pada Kelurahan Belakang Balok yang telah memiliki IPAL menjelaskan bahwa gagalnya IPAL beroperasi dikarenakan kurangnya sosialisasi dengan masyarakat sekitar.

Berdasarkan evaluasi tersebut, perencana memberikan rekomendasi sosialisasi sebagai berikut:

a. Tahap Pra - Konstruksi

Sosialisasi dilaksanakan bertahap selama tiga kali pada masing – masing blok pelayanan. Sosialisasi pertama meliputi pengenalan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah ke masyarakat. Sosialisasi kedua ini meliputi rembuk warga dalam mengambil keputusan pembangunan IPAL di masing – masing blok pelayanan. Sosialisasi ketiga meliputi pembentukan kelompok swadaya masyarakat (KSM) yang bertugas untuk mengkoordinir masyarakat.

b. Tahap Konstruksi

Sosialisasi dilakukan tiga kali pada tahap ini. Tujuan sosialisasi ini yaitu agar terjadi alih keterampilan khususnya dalam membangun IPAL, operasional dan pemeliharaan IPAL.

c. Tahap Pasca – Konstruksi

Sosialisasi dilakukan dua kali pada tahap ini. Tujuan sosialisasi ini yaitu memantau dan mengevaluasi kerja KSM dan keberlanjutan IPAL di lokasi tersebut.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan ini antara lain :

1. Perencanaan SPAL dan IPAL

Wilayah Kecamatan Guguk Panjang termasuk wilayah yang memiliki dataran landai sehingga pengaliran air limbah dapat dilakukan dengan sistem gravitasi menggunakan *conventional sewerage*. Diameter pipa yang digunakan pada perencanaan ini adalah 114 mm (5,31 km), 140 mm (0,73 km), 165 mm (0,99 km) dan 216 mm (1,23 km). Pada sistem jaringan pipa air limbah Kecamatan Guguk Panjang dilengkapi dengan bangunan pelengkap sebagai penunjang daya dukung pengaliran air limbah diantaranya *manhole* (*manhole* lurus, *manhole* belok, *manhole* pertigaan, *drop manhole*).

Sistem IPAL yang digunakan dari segi kualitas pengolahan mampu menghasilkan *effluent* dibawah baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 Tahun 2016 untuk TSS, BOD, COD dan Ammonia. IPAL tipikal 150 KK direncanakan menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Aerobic Biofilter* dengan dimensi kompartemen 1 ABR (2,9 m x 2,4 m x 2,7 m), kompartemen 2 – kompartemen 4 ABR (4,8 m x 2,4 m x 2,7 m) dan AF (1,3 m x 2,4 m x 2,7 m). IPAL tipikal 150 KK direncanakan berjumlah:

- 28 buah pada Blok A
- 20 buah pada Blok B
- 13 buah pada Blok C
- 8 buah pada Blok D

2. Perencanaan BOQ dan RAB

Biaya yang dibutuhkan untuk membangun SPAL adalah:

- Blok A : Rp. 848.104.568
- Blok B : Rp. 1.311.709.591
- Blok C : Rp. 529.561.479
- Blok D : Rp. 375.333.294

a. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun IPAL adalah:

- Blok A : Rp. 1.336.990.685
- Blok B : Rp. 3.968.293.065
- Blok C : Rp. 775.384.116
- Blok D : Rp. 446.191.948

b. Biaya operasional dan pemeliharaan SPAL dan IPAL adalah Rp. 4.628 tiap bulan.

c. NPV bernilai negatif sehingga diperlukan modifikasi petunjuk Pelaksanaan DAK SLBM dengan melakukan inspeksi di IPAL, pipa utama, pipa sekunder selama 1 kali tiap bulan atau mencari sumber dana lain seperti APBD pemerintah dan *corporate social responsibility* (CSR) ke perusahaan.

6.2. Saran

Pada perencanaan ini, apabila diimplementasikan perlu direncanakan pipa servis menuju rumah masyarakat sehingga dapat diterapkan di Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Agatha, B.P.S., dan Fitri, I.P., 2016. Perencanaan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) sebagai Instalasi Pengolahan Grey Water di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Agustira R., Lubis K.S dan Jamilah., 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Agroteknologi*. Vol. 1 (3).
- Aqaneghad, M., Moussavi, G., 2016. Electrochemically enhancement of anaerobic baffled reactor performance as appropriate technology for treatment of municipal wastewater in developing countries. *Sustainable environmental research*.
- Asmadi dan Suharno., 2012. Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah. Gosyen Publishing, Yogyakarta.
- Awuah., 2006. Phatogen Removal Mechanisms in Macrophyte and Algae Waste Stabilization Ponds.
- Azimah, U. dan Marsono, J.B., 2014. Perencanaan SPAL dan IPAL di Kabupaten Ngawi (Studi Kasus Perumahan Karangtengah Prandon, Perumahan Karang Sari dan Kelurahan Karangtengah). ITS: Surabaya.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2017. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2017.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2016. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2016.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2015. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2015.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2014. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2014.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2013. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2013.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2012. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2012.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2011. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2011.

- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2010. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2010.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2009. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2009.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2008. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2008.
- Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2007. Bukittinggi dalam Angka Tahun 2007.
- Brikke, F ., dan Bredero, M., 2003. Linking Technology Choice with Operation and Maintenance In The Context of Community Water Supply and Sanitation.
- Dinas Kesehatan Kota Bukittinggi., 2016. Profil Kesehatan Kota Bukittinggi Tahun 2016.
- Dinas Pekerjaan Umum, 2014. Petunjuk Pelaksanaan dan SLBM Dana Alokasi Khusus Sanitasi Lingkungan Berbasis Masyarakat Tahun 2014.
- Dwi, Dhinny., 2015. Inovasi Teknologi Air di Beberapa Negara dan Perusahaan Terkemuka.
- Dyah., A.R dan Nilam., M.K., 2017. Perbandingan Kinerja Media Biofilter *Anaerobic Biofilter* dalam Penurunan TSS, BOD, COD pada *Grey Water*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 3(2): 25-34.
- Fitria, Y., 2008. Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan menggunakan Asam Asetat dan EM₄ (*Effective Microorganisme 4*). *Teknologi Hasil Perikanan*.
- Foxon, K. M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F., dan Buckley, C. A. 2004. *The anaerobic baffled reactor (ABR): an appropriate technology for on-site sanitation*. *Water SA*. Vol. 30 : 44 - 50.
- Gittinger, J. P. 2008. Analisa Ekonomi Proyek – Proyek Pertanian. UI Press, Jakarta.
- Hardjosuprpto, M., 2000. Penyaluran Air Buangan. Vol.2. ITB: Bandung.
- Herlambang, A.R., Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 4(1): 46-55.

- Joko, T., Fikri, E., 2012. Kondisi dan Upaya Strategi Penanganan Sanitasi di Kota Batam. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 11 (1).
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Pengembangan PLP., 2012. Laporan Sementara Masterplan Air Limbah Kota Bukittinggi Tahun 2012.
- Kementerian Lingkungan Hidup., 2016. Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Körner, S., Vermaat, J.E., dan Veenstra, S., 2003. The Capacity of Duckweed to Treat Wastewater: Ecological Considerations for a Sound Design. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 32 : 1583 - 1590.
- 1
- Kurniasih, A., 2013. Permodelan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression.
- Metcalf dan Eddy., 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse Fourth Edition. Mc Graw Hill, New York.
- Morel, A., dan Diener, S., 2006. Greywater Management in Low and Middle- Income Countries. Review of Different Treatment System for Households or Neighbourhoods. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Mubin, F., Binilang, Alex dan Halim, Fuad., 2016. Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*. Vol 4 (3).
- Nasution, Ml. 2008., Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangkir.
- Nayono, S.E., 2010. Metode Pengolahan Air Limbah Alternatif untuk Negara Berkembang.
- Nayono, S.E., 2005. Anaerobic Treatment of Wastewater from Sugar Cane Industry. *jurnal Inersia*. Vol. 1 (1).
- Nicola, F., 2015. Hubungan antara Konduktivitas, TDS (*Total Dissolved Solid*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) dengan Kadar Fe^{2+} dan Fe Total pada Air Sumur Gali.
- Pemuthakiran Strategi Sanitasi Kota Bukittinggi Tahun 2015.

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68, 2016. Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Pramudya, B. dan Dewi, N. 1992. Ekonomi Teknik. Jica DGHE - IPB, Bogor.
- Polprasert, C., 1996. Organic Waste Recycling. Chichester: John Wiley dan Sons.
- Rahmannisa, A., 2017. Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang.
- Said, N. I. 2002. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter "Upflow"*. Jakarta: BPPT.
- Sapei , A., Purwanto, MYJ., Sutoyo, dan Kurniawan A., 2011. Desain Instalasi Pengolah Limbah Wc Komunal Masyarakat Pinggir Sungai Desa Lingkar Kampus. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. Vol.16(2): 10- 30.
- Sarasdewi, A.P., Antara, N.S., dan Suryawan, A.A.A.P. Pengaruh Laju Aliran terhadap Penurunan Cemaran Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Biofilter. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. Vol. 3(2): 17-29.
- Sari, N.R., Sunarno dan Wiryanto., 2015. Analisis Komparasi Kualitas Air Limbah Domestik Berdasarkan Parameter Biologi, Fisika dan Kimia di IPAL Semanggi dan IPAL Mojosongo Surakarta. *Jurnal EKOSAINS*. Vol.7(2): 62-74.
- Sasse, L., Gutterer, B., Panzerbieter, T., dan Reckerzügel, T. 2009. Decentralised Wasterwater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. BORDA.
- Setjo, T.G ., Saptomo, S.K, dan Warasembada, Y.C., 2016. Perencanaan Tangki Septik Komunal di Desa Suwaru, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol.1 (3): 159-160.
- Sugiharto., 2008. Dasar –dasar Pengolahan Air Limbah. Universitas Indonesia, Jakarta.

- Tarigan, M.S dan Edward., 2003. Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (*Total Suspended Solid*) di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Dinamika Laut*.
- Tchobanoglous, G., Button, F. L., dan Stensei, H.D. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, 4th Edition. Mc Graw Hill, New York.
- Tilley, E., Luthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., dan Schertenleib, R. 2014. *Compendium of Sanitation System and Technologies* 2nd Revised Edition. Dubendorf: Swiss.
- Veenstra, S. 2000. *Wastewater Treatment*. Delft: Institute for Infrastructure, Hydraulics and Environmental Engineering (IHE Delft).
- Veneman, P. L. M., dan Stewart, B., 2002. Greywater characterization and treatment efficiency.
- Wang, J. L., Huang, Y. H., Zhao X., 2004. Performance and Characteristics of an Anaerobic Baffled Reactor. *Bioresour. Technol.*
- Wijeyekoon, S., Mino, T., Satoh, H., dan Matsuo, T. 2000. Growth and Novel Structural Features of Turbular Biofilms. *Journal Water Science and Technology*, (41)4-5:129-138.
- Widiyanto, A. F., Yuniarno, S. dan Kuswanto., 2015. Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri dan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 10(2): 246-254.
- Zainuddin, *et al.* 2012. Analisis Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan terhadap Headloss Aliran Pipa. *Jurnal ISSN*. Vol(2):14-22.
- Zuliyanto, Alfian. 2015. Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Lamongan Kabupaten Lamongan. *Jurnal Teknika*. Vol. 2 (2).

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN 1 PROYEKSI PENDUDUK

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi diperoleh laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,71 persen. Tujuan proyeksi penduduk adalah untuk mengetahui kuantitas air limbah yang masuk IPAL. Proyeksi penduduk dilakukan dengan 3 metode yaitu aritmatika, geometrid an *least square*.

Penentuan pilihan rumus proyeksi jumlah penduduk dilakukan analisis dengan standar deviasi (Permen PU No. 18 Tahun 2007). Perhitungan standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Standar deviasi penduduk Kecamatan Guguk Panjang

No	TAHUN	JUMLAH	PERTUMBUHAN PENDUDUK		TERDEVIASI
			JIWA	PERSEN	
1	2006	38.454	0	0	0
2	2007	38.827	373	0,970%	0,970%
3	2008	39.135	308	0,793%	0,793%
4	2009	39.439	304	0,777%	0,777%
5	2010	41.643	2.204	5,588%	5,588%
6	2011	42.254	611	1,467%	1,467%
7	2012	42.627	373	0,883%	0,883%
8	2013	43.457	830	1,947%	1,947%
9	2014	44.277	820	1,887%	1,887%
10	2015	45.061	784	1,771%	1,771%
11	2016	47.768	2.707	6,007%	6,007%
	Jumlah		6.607	22,091%	22,091%
	Rata2 Pertumbuhan		601	2,209%	2,455%
	Deviasi			0,019633813	
	Deviasi Max			4,172%	
	Deviasi Min			0,246%	
	r			0,02%	

Pada tabel diatas, terdapat data terdeviasi yaitu tahun 2010 dan tahun 2016. Data yang dipakai untuk menghitung proyeksi penduduk adalah tahun 2011 sampai 2015.

Selanjutnya dilakukan pemilihan metode proyeksi penduduk dengan melihat nilai r (korelasi) terbesar. Perhitungan nilai r dapat dilihat pada 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2 Perhitungan nilai korelasi metode aritmatik

Tahun	Jumlah Penduduk	Selisih Tahun (x)	Selisih Jumlah Penduduk (y)	xy	X ²	y ²
2011	42.254	0	0	0	0	0
2012	42.627	1	373	373	139.129	139.129
2013	43.457	2	830	1.660	2.755.600	688.900
2014	44.277	3	820	2.460	6.051.600	672.400
2015	45.061	4	784	3.136	9.834.496	614.656
Total	217.676	10	2.807	7.629	18.780.825	211.5085
r						0,0006

Tabel 3 Perhitungan nilai korelasi metode geometri

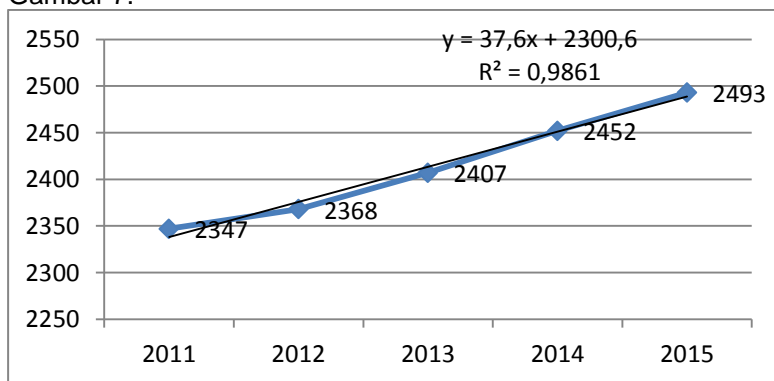
Tahun	Jumlah Penduduk	Nomor Data Tiap Tahun (X)	LN Jumlah Penduduk tiap Tahun (Y)	xy	x ²	y ²
2011	42.254	1	10,65	10,65	1	113,45
2012	42.627	2	10,66	21,32	4	113,64
2013	43.457	3	10,68	32,04	9	114,05
2014	44.277	4	10,70	42,79	16	114,45
2015	45.061	5	10,72	53,58	25	114,83
Total	217.676	15	53,41	160,38	55	570,43
R						0,99

Tabel 4 Perhitungan nilai korelasi metode *least square*

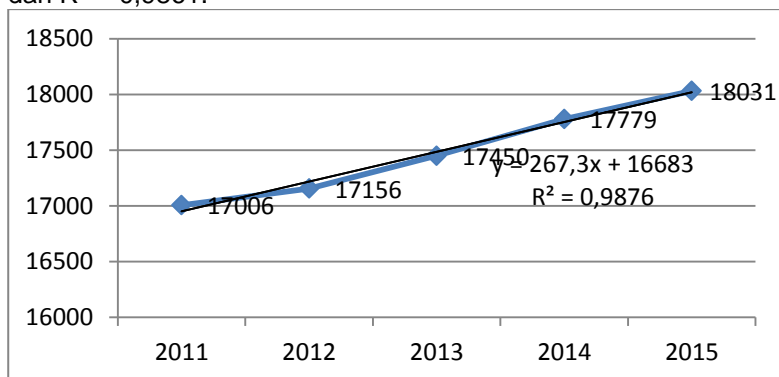
Tahun	Jumlah Penduduk	No Data Tiap Tahun (x)	Jumlah Penduduk tiap tahun (y)	Xy	x ²	y ²
2011	42.254	1	42.254	42.254	1	1785400516
2012	42.627	2	42.627	85.254	4	1817061129
2013	43.457	3	43.457	130.371	9	1888510849
2014	44.277	4	44.277	177.108	16	1960452729
2015	45.061	5	45.061	225.305	25	2030493721
Total	217.676	15	217.676	660.292	55	9481918944
		r				0,99

Berdasarkan tabel diatas didapatkan bahwa nilai r tertinggi adalah metode *least square* dan geometri yaitu 0,99. metode yang dipilih adalah metode *least square* dengan pertimbangan kepadatan penduduk yang tinggi di Kecamatan Guguk Panjang.

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan menghitung korelasi tiap kelurahan pada tahun 2011 - 2015. Hasil korelasi tiap Kelurahan dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.

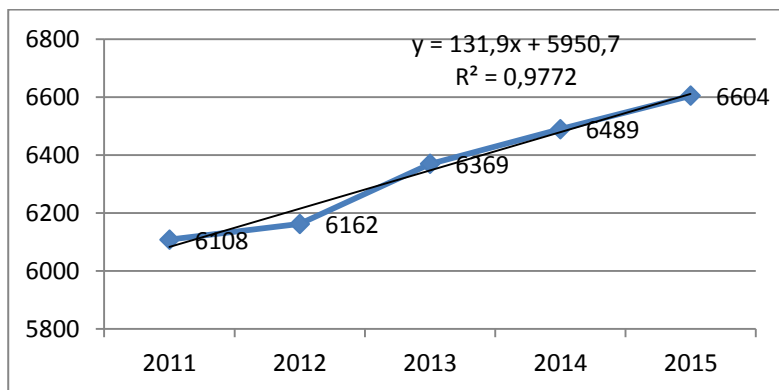
**Gambar 1 korelasi Kelurahan Bukik Cangang Kayu Ramang**

Berdasarkan grafik didapatkan nilai $y = 37,6x + 2300,6$ dan $R^2 = 0,9861$.



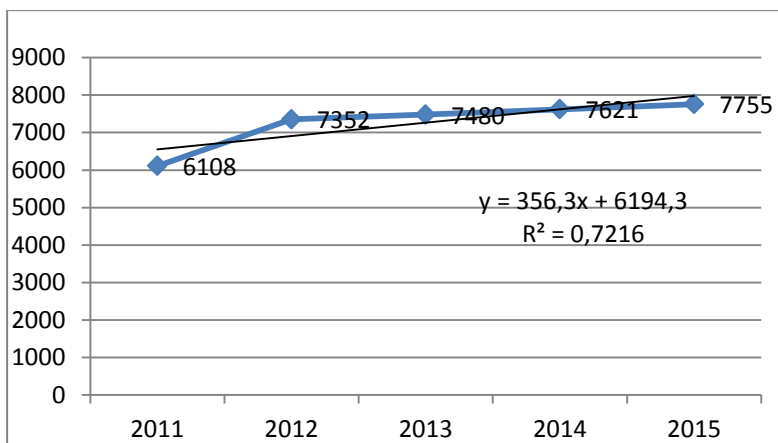
Gambar 2 korelasi Kelurahan Tarok Dipo

Berdasarkan grafik didapatkan nilai $y = 267,3x + 16683$ dan $R^2 = 0,9876$.



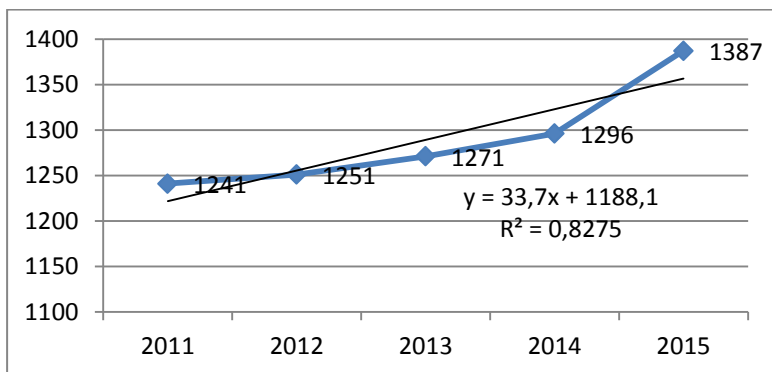
Gambar 3 korelasi Kelurahan Pakan Kurai

Berdasarkan grafik didapatkan nilai $y = 131,9x + 5950,7$ dan $R^2 = 0,9772$.



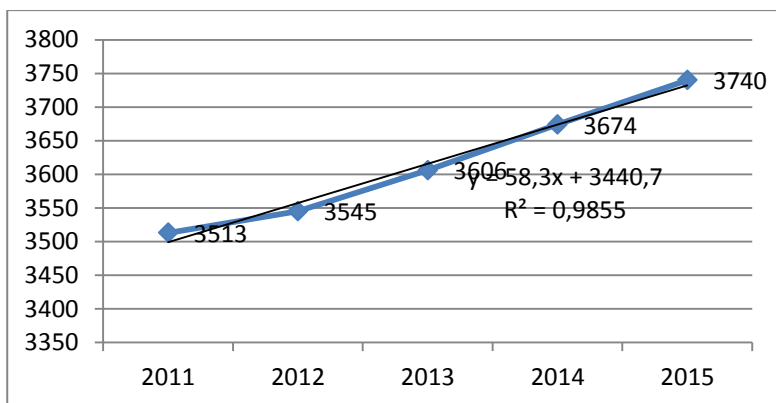
Gambar 4 korelasi Kelurahan Aurtajungkang Tengah Sawah

Berdasarkan grafik didapatkan nilai $y = 356,3x + 6194,3$ dan $R^2 = 0,7216$.



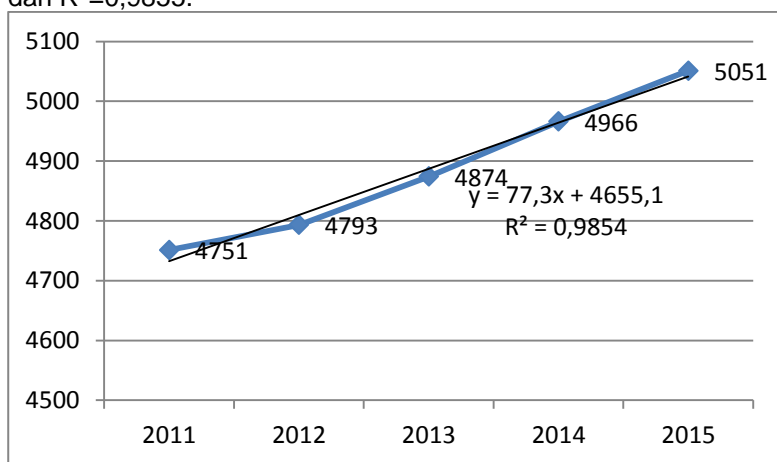
Gambar 5 korelasi Kelurahan Benteng Pasar Atas

Berdasarkan grafik didapatkan nilai $y = 33,7x + 1188,1$ dan $R^2 = 0,8275$.



Gambar 6 korelasi Kelurahan Kayu Kubu

Berdasarkan grafik didapatkan nilai $y = 58,3x + 3440,7$ dan $R^2 = 0,9855$.



Gambar 7 korelasi Kelurahan Bukit Apit Puhun

Berdasarkan grafik didapatkan nilai $y = 77,6x + 4655,1$ dan $R^2 = 0,9854$.

Proyeksi penduduk Kecamatan Guguk Panjang dapat dihitung dengan perhitungan dibawah ini.

Diketahui : Kelurahan Bukik Cangang Kayu Ramang

$$Y = 37,6 x + 2300,6$$

Proyeksi tahun 2025:

Nomor data pada tahun proyeksi (x) : 15

$$Y = 37,6 x + 2300,6$$

$$Y = 37,6 (15) + 2300,6$$

$$Y = 52.252 \text{ orang}$$


Jadi jumlah penduduk pada tahun 2025 adalah 52.252 orang. Hasil proyeksi penduduk pada tahun 2025 di Kecamatan Guguk Panjang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Proyeksi Penduduk Tahun 2025

No	Kecamatan/ Kelurahan	Tahun 2025
	Guguk Panjang	52.252
1	Bukik Cangang K.Ramang	28.65
2	Tarok Dipo	20.700
3	Pakan Kurai	7.929
4	Aur Tajungkang Tengah Sawah	11.539
5	Benteng Pasar Atas	1.694
6	Kayu Kubu	4.315
7	Bukit Apit Puhun	5.815

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2 HASIL LABORATORIUM



DINAS KESEHATAN PROVINSI SUMATERA BARAT
UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN
 Jl. Gajah Mada Gg. Panglitan Padang Telp / Fax : 0751 – 41927
 email : labhessumbar@yahoo.co.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LHU : L.0604-0605 / LHU / BLK-SB / II / 2018

Nama Pelanggan : **Qurata Laraba Tidri**

Alamat : Jl. Soekarno Hatta Gang Swadaya No. 46, Padang

Telp / Fax : 081364351899

Personel yang dihubungi : -

Jenis Sampel : Air Limbah

No. FPPS / No. Sampel : L.0604-0605

Tanggal Penerimaan : 10 Februari 2018

Tanggal Pengujian : 10 s/d 21 Februari 2018

HASIL PENGUJIAN

No	Parameter	Satuan	Sampel		*Baku Mutu	Spesifikasi Metode
			L.0604	L.0605		
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS) ✓	mg/L	190	27	30	SNI 06-6989.3-2004
2	Amoniak (NH ₃ -N) ✓	mg/L	31,89	76,73	10	SNI 06-6989.30-2005
3	Minyak dan Lemak	mg/L	0,6	<0,1	5	SNI 06-6989.10-2004
4	BOD ₅	mg/L	49,4	69,7	30	SNI 06-6989.72-2009
5	COD ✓	mg/L	140	141	100	SNI 06-6989.73-2009
6	pH ✓	-	6,80	6,76	6,0-9,0	SNI 06-6989.11-2005

Kode Sampel :
 L.0604 : Limbah Domestik 1
 L.0605 : Limbah Domestik 2

Catatan :
 1. Hasil uji ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini terdiri dari 1 halaman.
 3. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan, kecuali secara lengkap dan seijin tertulis dari UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat.
 4. Laboratorium melayani pengaduan/complaint maksimum 1 (satu) minggu terhitung dari tanggal penyerahan LHU.
 5. Sampling diluar tanggung jawab laboratorium penguji.
 6. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016.
 7. ✓ : Tanda Parameter Terakreditasi ISO : 17025.

Padang, 21 Februari 2018

Manager Teknik Laboratorium Kesehatan Masyarakat

Adi Hartono, SKM, M. Biomed

NIE. 19660728-199203 1 003

LAPORAN HASIL UJI

Nr. LRU
Nama Pelanggan
Alamat
Telp / Fax
Personel yang dihubungi
Jenis Sampel
No. FPPS / No. Sampel
Tanggal Penerimaan
Tanggal Pengujian

L.0604-0605 / LRU / BLK-SB / 18 / 2018
Gurnata Laraiha Tidri
Jl. Soekarno Hatta Gang Swadaya No. 46, Padang
081364351899
Air Limbah
L.0604-0605
10 Februari 2018
10 s/d 21 Februari 2018

HASIL PENGUJIAN

No	Parameter	Satuan	Sampel		*Baku Mutu	Spesifikasi Metode
			L.0604	L.0605		
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS) ✓	mg/L	190	27	30	SNI 06-6989.3-2004
2	Amoniak (NH ₃ -N) ✓	mg/L	31,89	76,73	10	SNI 06-6989.30-2005
3	Minyak dan Lemak	mg/L	0,6	<0,1	5	SNI 06-6989.10-2004
4	BOD ₅	mg/L	49,4	69,7	30	SNI 06-6989.72-2009
5	COD ✓	mg/L	140	141	100	SNI 06-6989.73-2009
6	pH ✓	-	6,80	6,76	6,0-9,0	SNI 06-6989.11-2005

Kode Sampel :

L.0604 : Limbah Domestik 1

L.0605 : Limbah Domestik 2

Catatan :

- Hasil uji ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji.
- Laporan Hasil Uji ini terdiri dari 1 halaman.
- Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan, kecuali secara lengkap dan seljén tertulis dari UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat.
- Laboratorium melayani pengaduan/complaint maksimum 1 (satu) minggu dihitung dari tanggal penyerahan LRU.
- Sampling diluar tanggung jawab laboratorium penguji.
- *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016.
- ✓ : Tanda Parameter Terakreditasi ISO : 17025

Padang, 21 Februari 2018
Manajer Teknik Laboratorium Kesehatan Masyarakat
UPTD
LABORATORIUM KESEHATAN
Adi Hartono, SKM, M. Biomed
NIP. 196608241992031003

BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan putra Kota Bukittinggi, yang lahir pada tanggal 7 Januari 1997. Penulis mengenyam pendidikan formal di TK Swasta Al – Azhar. selanjutnya, SD Negeri 09 Pakan Kurai. Selanjutnya, menempuh pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 6 Bukittinggi serta lulus pada periode 2011 - 2013. Pada tahun yang sama, penulis diterima menjadi salah satu siswa di SMA Negeri 1 Bukittinggi. Penulis selanjutnya, menempuh pendidikan S1 di

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, ITS Surabaya, terdaftar dengan NRP 03211440000034.

Selama perkuliahan prestasi kepenulisan yang pernah diraih oleh penulis adalah mendapatkan pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) yang berjudul KANCIL (Kader Lingkungan Cilik) dalam bidang pemberdayaan masyarakat tahun 2016.

Tidak hanya itu, penulis juga aktif berorganisasi dengan menjadi Kepala Departemen Sosial dan Masyarakat (SOSMAS) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) 2016-2017 dan Pengajar Tangguh ITS Mengajar For Indonesia *Batch 3*. Pengalaman di lapangan yang dimiliki penulis adalah pernah melakukan Kerja Praktik di Pertamina EP *Field* Jambi. Penulis juga mengikuti pelatihan dan seminar yaitu *Pelatihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar, Leadership Organization Training (LOT)* dan Sistem Manajemen K3 oleh *Phytagoras*. Penulis dapat dihubungi via email obaqurrata@gmail.com.



LAMPIRAN GAMBAR TUGAS AKHIR

SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN GUGUK PANJANG, BUKITTINGGI

QURRATA LARAIBA TIDRI

032 14 400000 034

DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Peta Kota Bukittinggi

LEGENDA

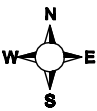
- Batas Kabupaten/ Kota
- Batas Kelurahan
- Jalan Arteri Primer
- Jalan Kolektor
- Sungai
- Kec. Mandiangin Koto Selayan
- Kec. Guguk Panjang
- Kec. Aur Birugo Tigo Baleh

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

1 : 25.000

KODE GAMBAR

A.PT-01

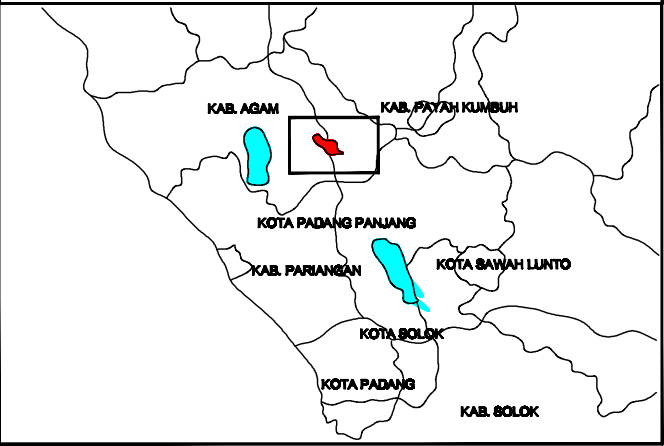
NO. GAMBAR

PT-01

HALAMAN

01

KEY MAP

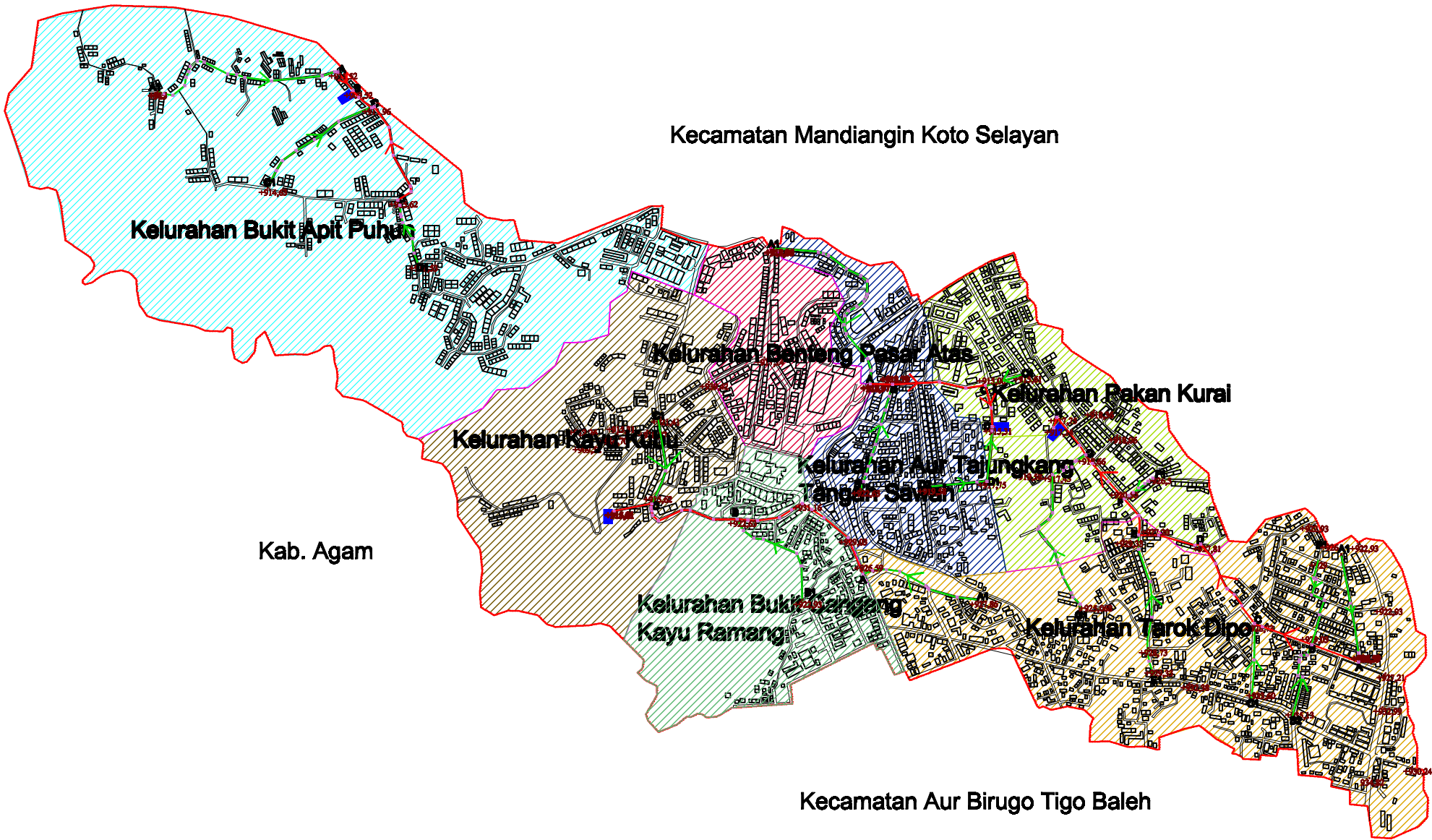


KAB. AGAM

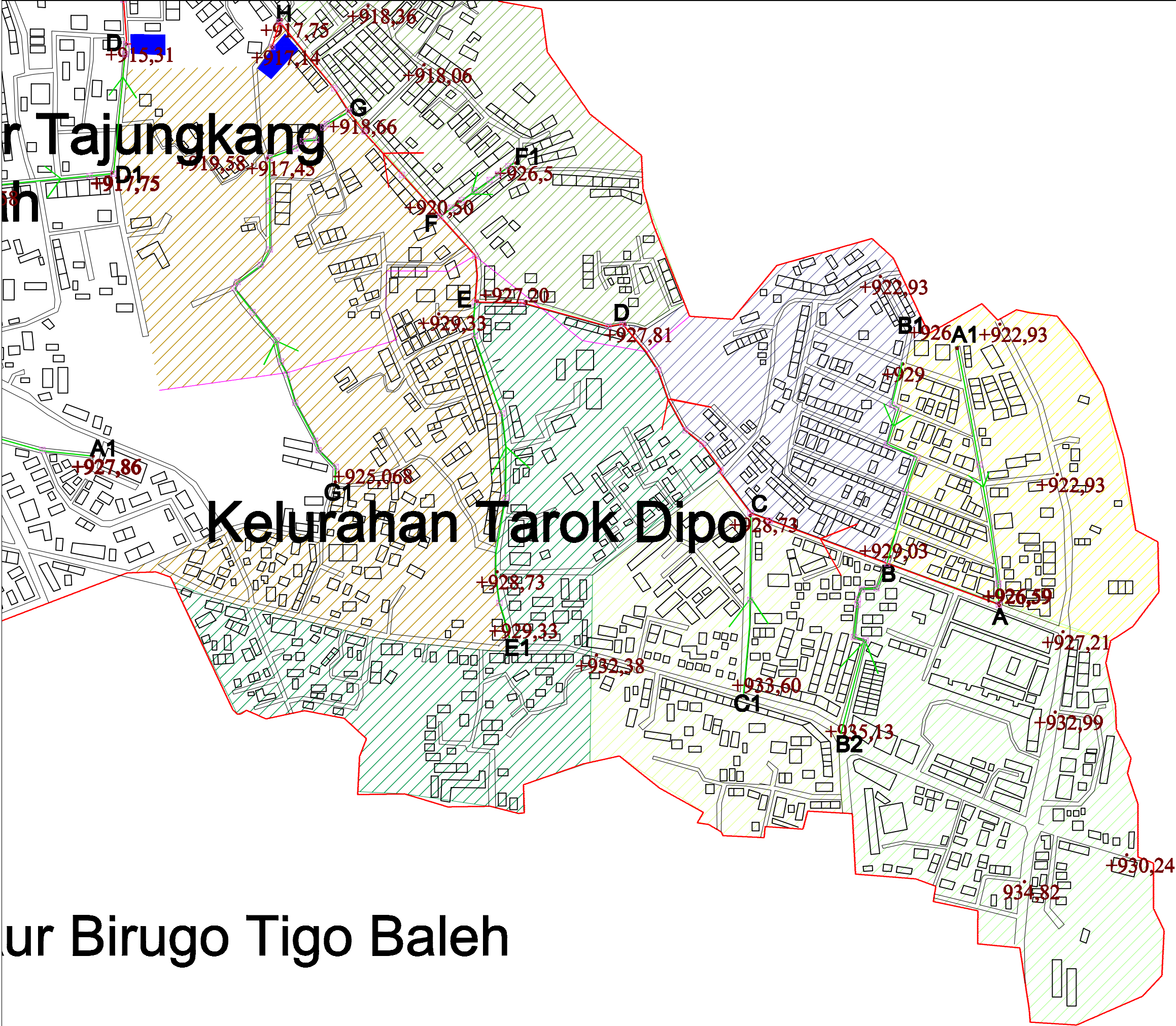
KAB. AGAM

KAB. AGAM

KAB. AGAM



- Batas Kecamatan
- Batas Kelurahan
- Jalan Arteri Primer
- Pipa Primer Limbah
- Pipa Sekunder Limbah
- Instalasi Pengolahan air Limbah
- Jalan Lokal
- Kontur Tanah Sungai
- Kel. Bukit Apit Puhun
- Kel. Benteng Pasar Atas
- Kel. Kayu Kulu
- Kel. Aur Tajungkang Tengah Sawah
- Kel. Pakan Kurai
- Kel. Tarok Dipo
- Kel. Bukit Cangang Kayu Ramang



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan
Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Peta Penempatan Blok A

LEGENDA

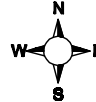
- Batas Kecamatan
- Batas Kelurahan
- Jalan Arteri Primer
- Pipe Primer Limbah
- Pipe Sekunder Limbah
- Instalasi Pengolahan air Limbah
- Kontur Tanah
- Manhole
- Blok 1A
- Blok 2A
- Blok 3A
- Blok 4A
- Blok 5A
- Blok 6A
- Blok 7A

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

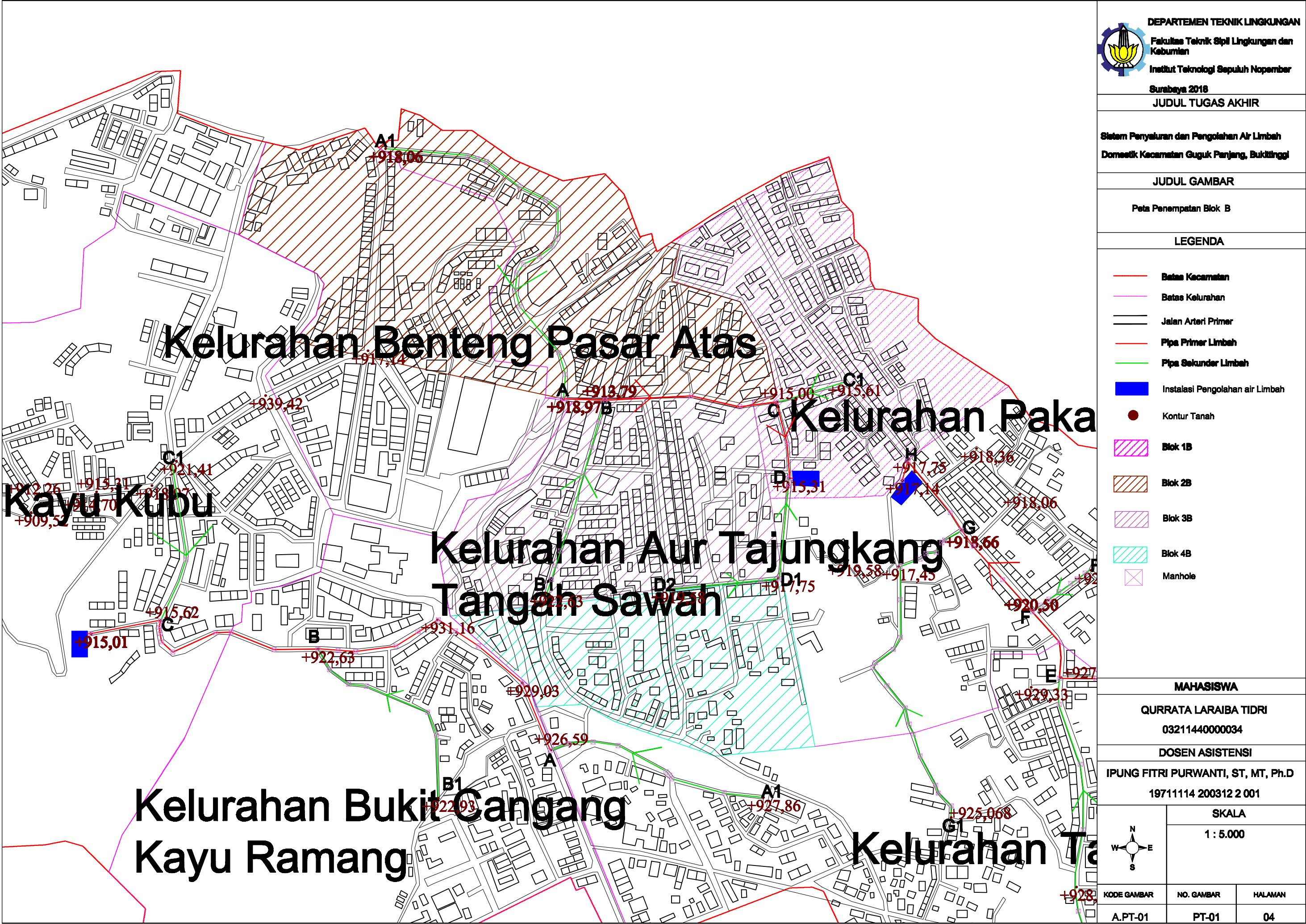
IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001

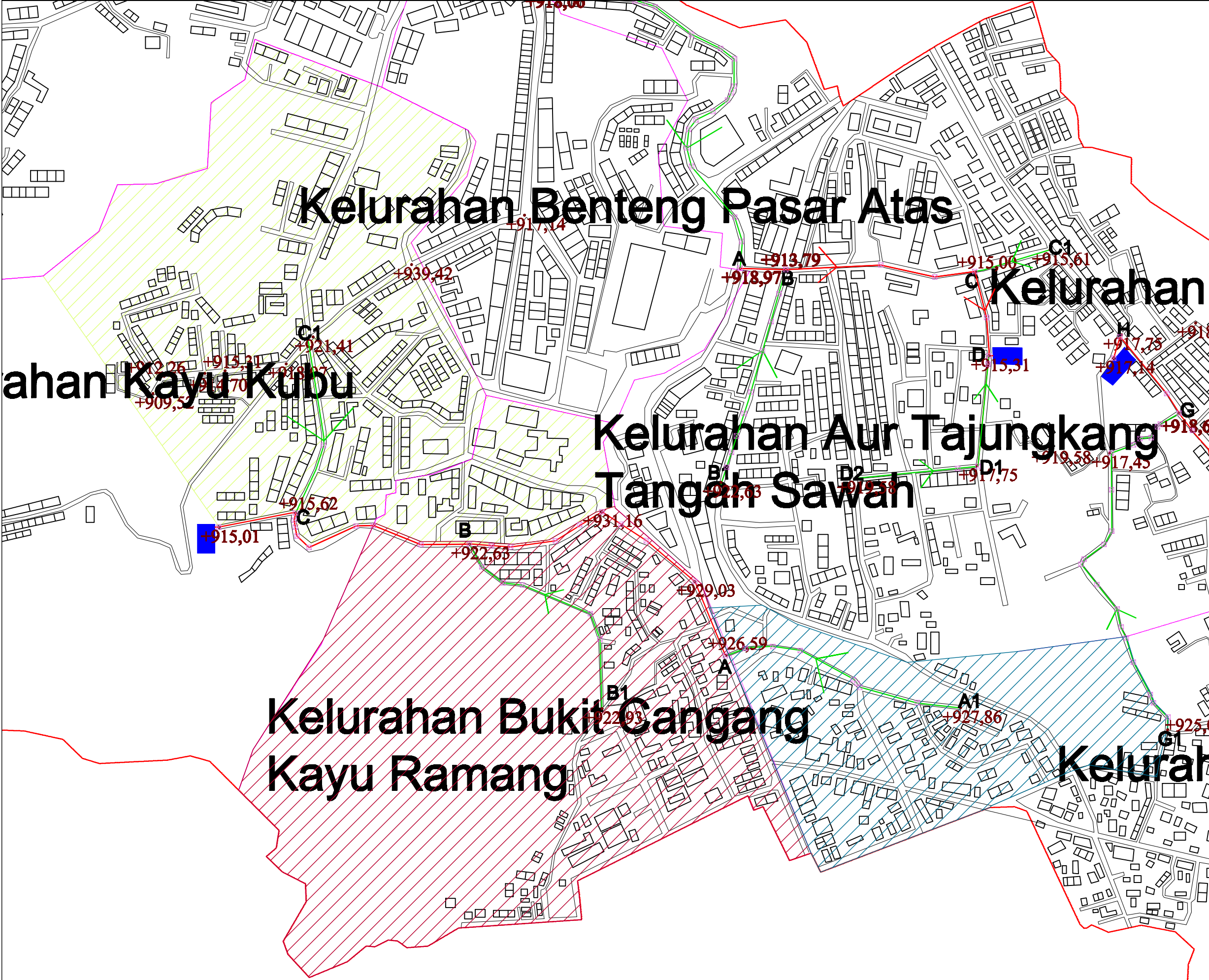


SKALA

1 : 5.000

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN
A.PT-01	PT-01	03





<div></div> <div>DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018</div>		
JUDUL TUGAS AKHIR		
Sistem Penyekuran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi		
JUDUL GAMBAR		
Peta Penempatan Blok C		
LEGENDA		
<div><div><div></div></div>Batas Kecamatan</div> <div><div><div></div></div>Batas Kelurahan</div> <div><div><div></div></div>Jalan Arteri Primer</div> <div><div><div></div></div>Pipa Primer Limbah</div> <div><div><div></div></div>Pipa Sekunder Limbah</div> <div><div><div></div></div>Instalasi Pengolahan air Limbah</div> <div><div><div></div></div>Kontur Tanah</div> <div><div><div></div></div>Blok 1C</div> <div><div><div></div></div>Blok 2C</div> <div><div><div></div></div>Blok 3C</div> <div><div><div></div></div>Manhole</div>		
MAHASISWA		
QURRATA LARAIBA TIDRI 03211440000034		
DOSEN ASISTENSI		
IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D 19711114 200312 2 001		
<div><div><div>N</div><div>W</div><div>E</div><div>S</div></div></div>	SKALA	
	1 : 5.000	
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN
A.PT-01	PT-01	05



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan
Kebumuhan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Peta Penempatan Blok D

LEGENDA

- Batas Kecamatan
- Batas Kelurahan
- Jalan Arteri Primer
- Pipa Primer Limbah
- Pipa Sekunder Limbah
- Instalasi Pengolahan air Limbah
- Blok 1D
- Blok 2D
- Blok 3D
- Manhole

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA
1 : 10.000

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN
A.PT-01	PT-01	06

Kecamatan Ma

Kelurahan Bukit Apit Puhun

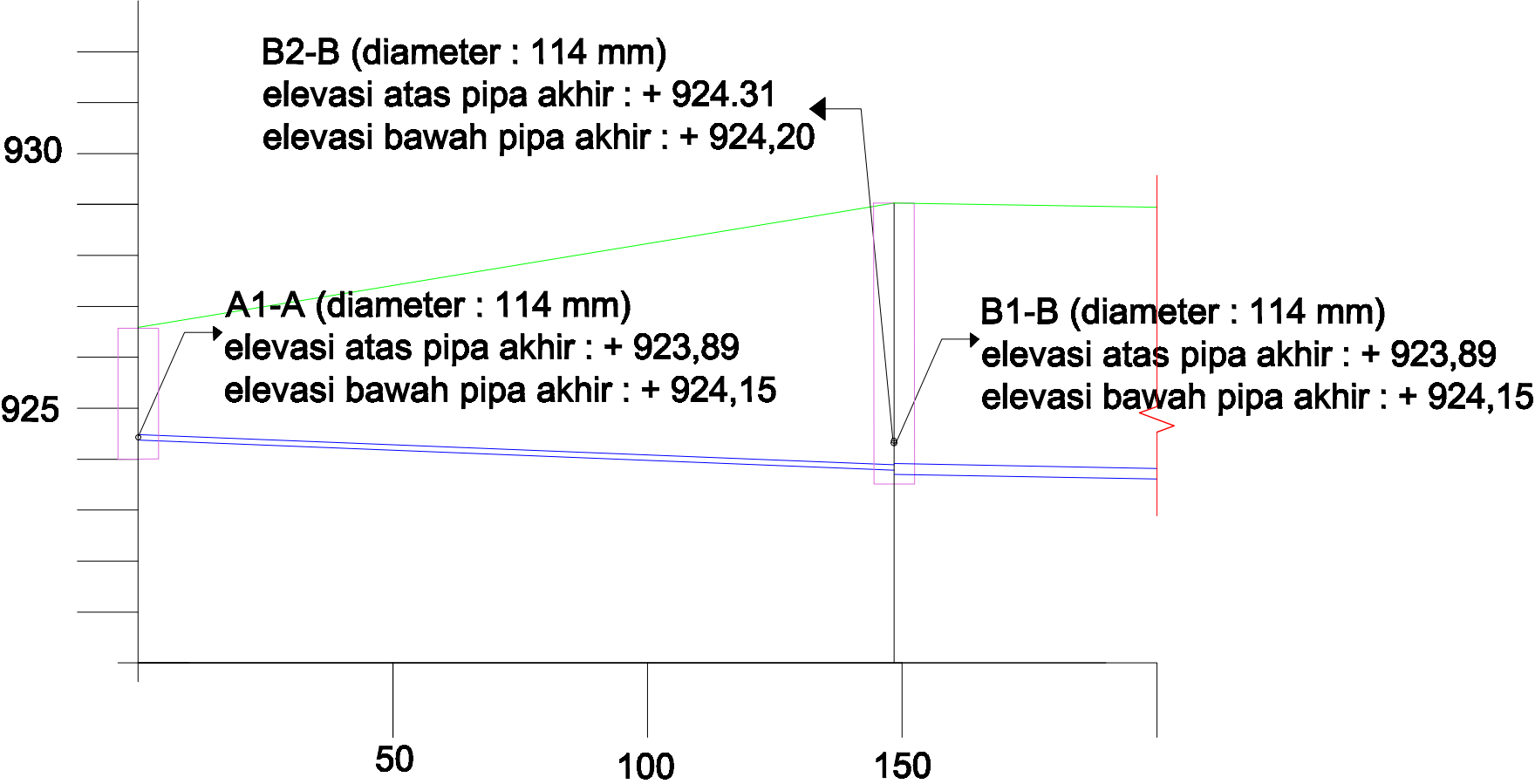
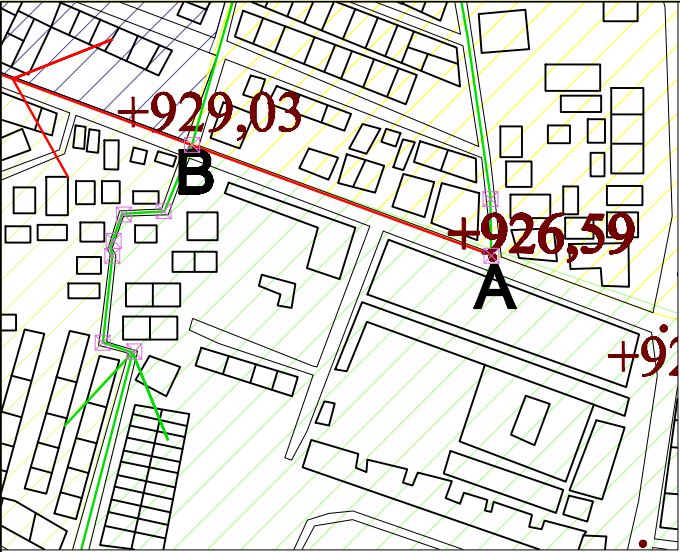
Kelurahan Bente

Kelurahan Kayu Kubu

Kel
Ta

Kab. Agam

Kelurahan Bukit D



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK
	JARAK PATOK (m)
	ELEVASI MUKA TANAH (m)
	ELEVASI ATAS PIPA (m)
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)
	DIAMETER PIPA (mm)
	JENIS MANHOLE
	JARAK MANHOLE (m)

A	B	
148,39		
+926,59	+929,03	
+924,48	+923,89	+923,94
+924,38	+923,78	+923,73
114		
MH BELOKAN	MH PERTIGAAN	
148,39		



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan
Kebumhian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis Potongan Pipa Primer A-B Blok A

LEGENDA

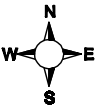
- Muka Tanah
- Pipa Penyaluran IPAL
- Pipa Primer Limbah
- Pipa Sekunder Limbah
- Instalasi Pengolahan air Limbah
- Kontur Tanah
- Manhole
- Blok 1A
- Blok 2A
- Blok 3A
- Blok 4A
- Blok 5A
- Blok 6A
- Blok 7A

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

X =1 : 120
Y =1 : 1200

KODE GAMBAR

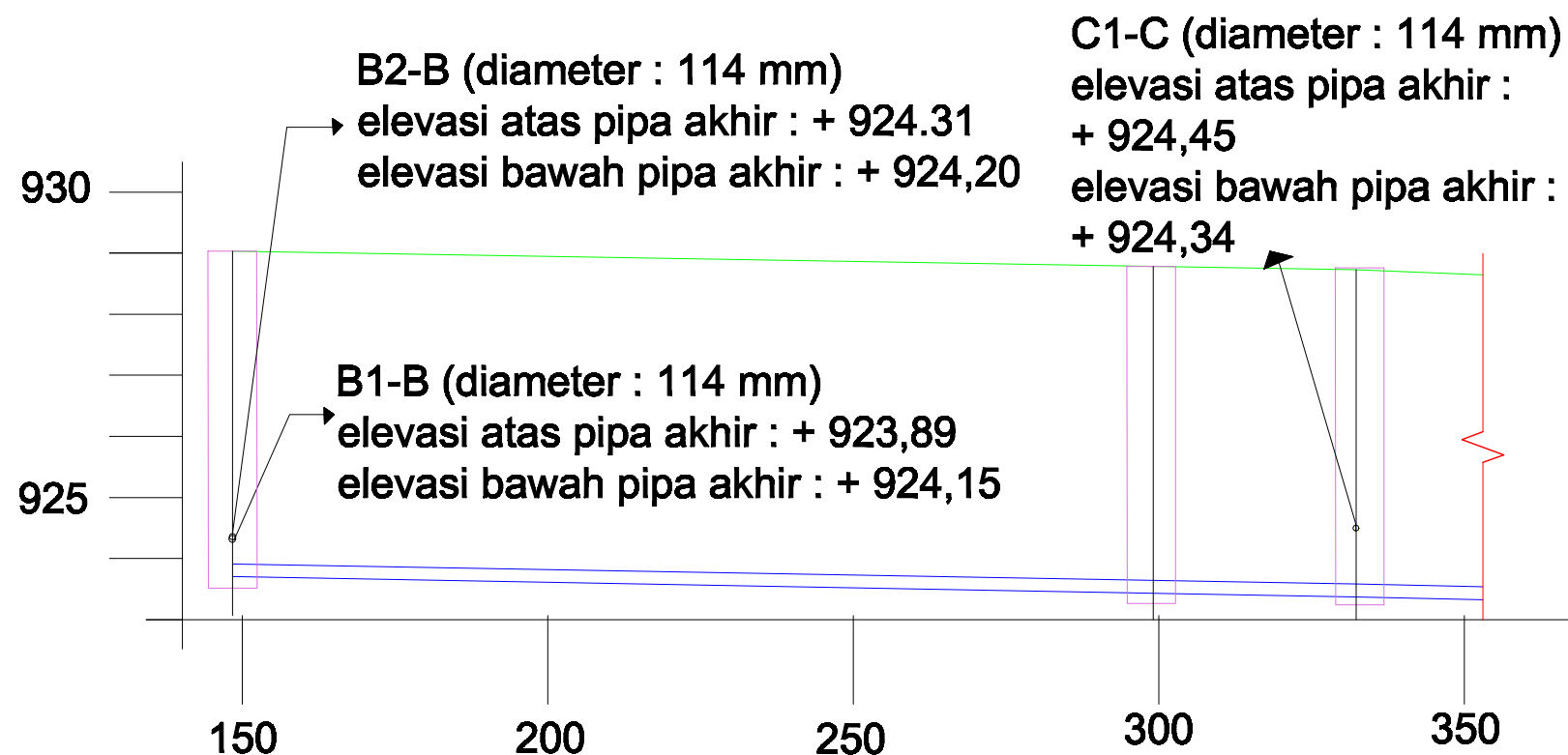
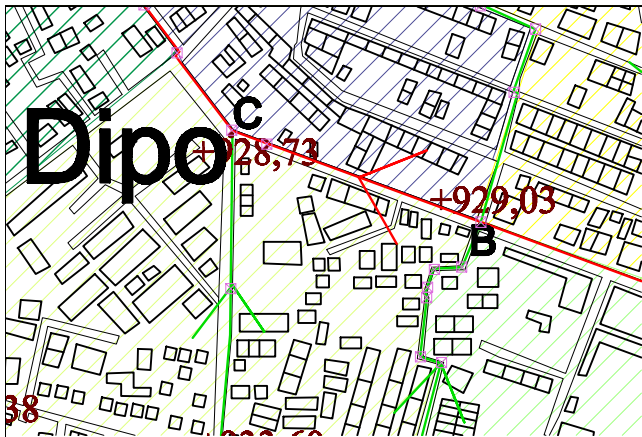
A.PT-01

NO. GAMBAR

PT-01

HALAMAN

07



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK
	JARAK PATOK (m)
	ELEVASI MUKA TANAH (m)
	ELEVASI ATAS PIPA (m)
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)
	DIAMETER PIPA (mm)
	JENIS MANHOLE
	JARAK MANHOLE (m)

	B		C
	183,91		
	+929,03		+928,73
	+923,94		+923,64
	+923,73		+923,43
	216		
	MH PERTIGAAN	MH LURUS	MH PERTIGAAN
	149,97		34,20



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan
Kebumuhan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidroli Potongan Pipa Primer B-C Blok A

LEGENDA

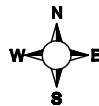
- Muka Tanah
- Pipa Penyaluran IPAL
- Pipa Primer Limbah
- Pipa Sekunder Limbah
- Instalasi Pengolahan air Limbah
- Kontur Tanah
- Manhole
- Blok 1A
- Blok 2A
- Blok 3A
- Blok 4A
- Blok 5A
- Blok 6A
- Blok 7A

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

X =1 : 110

Y =1 : 1100

KODE GAMBAR

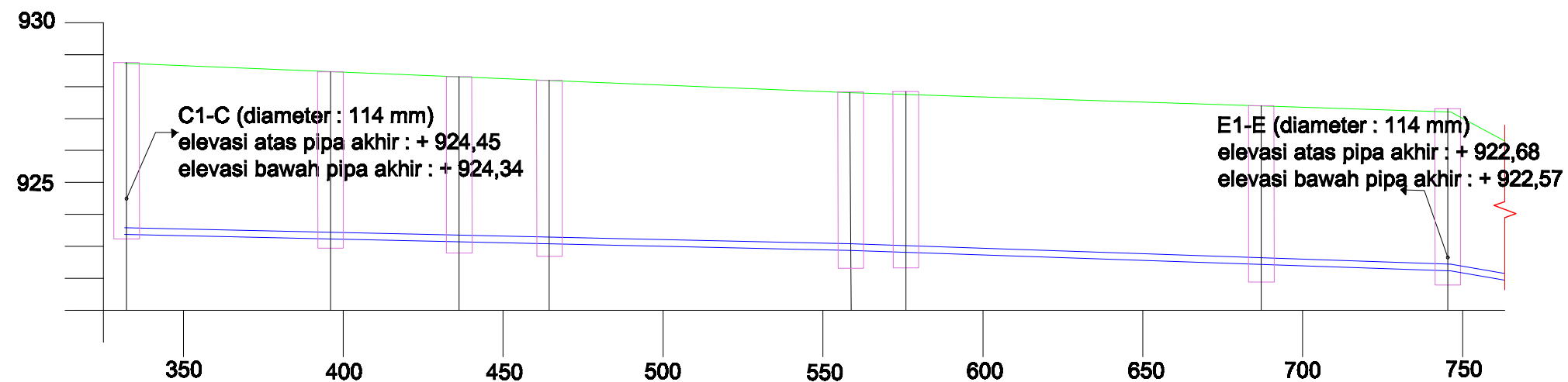
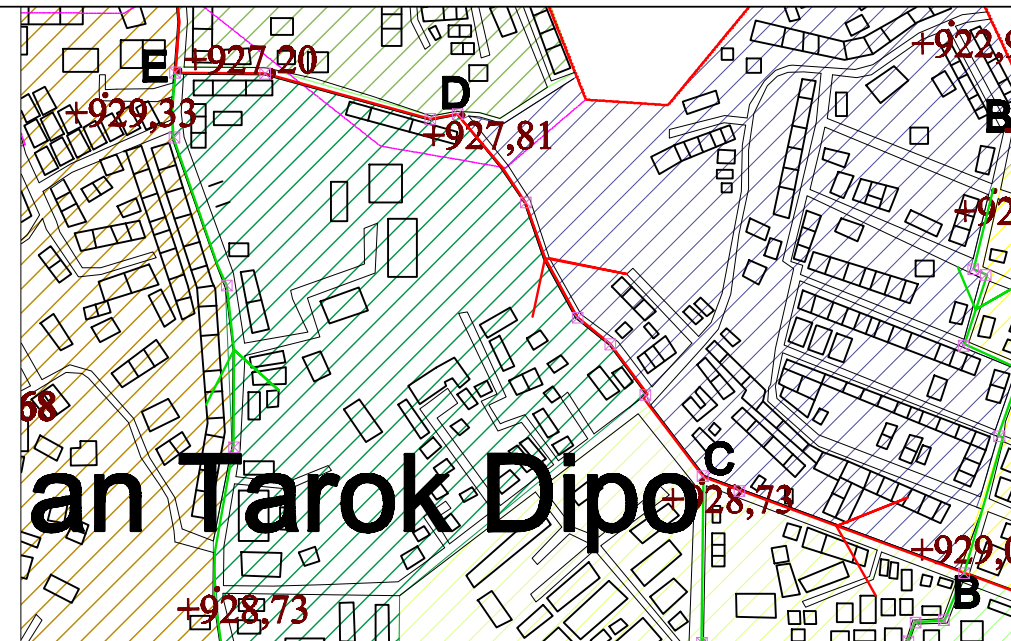
A.PT-01

NO. GAMBAR
















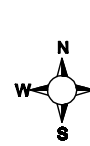
PT-01

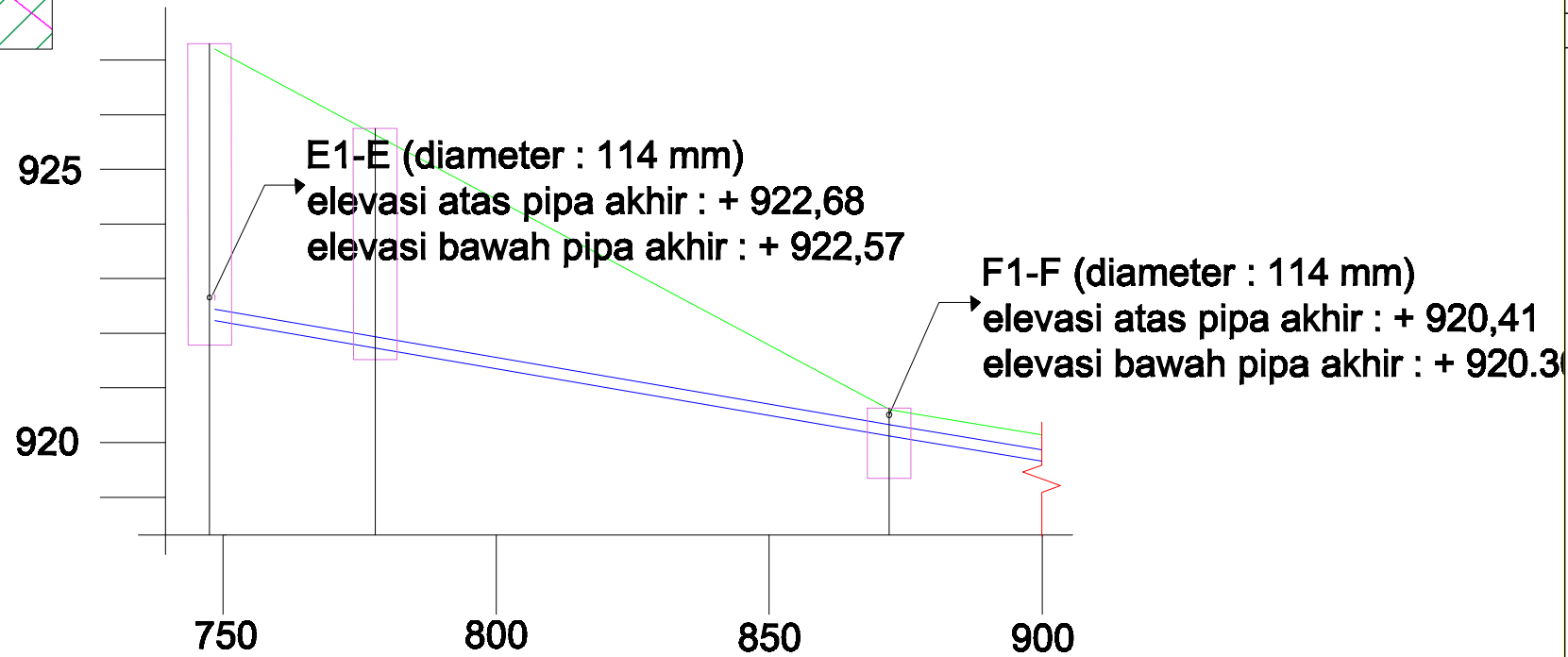
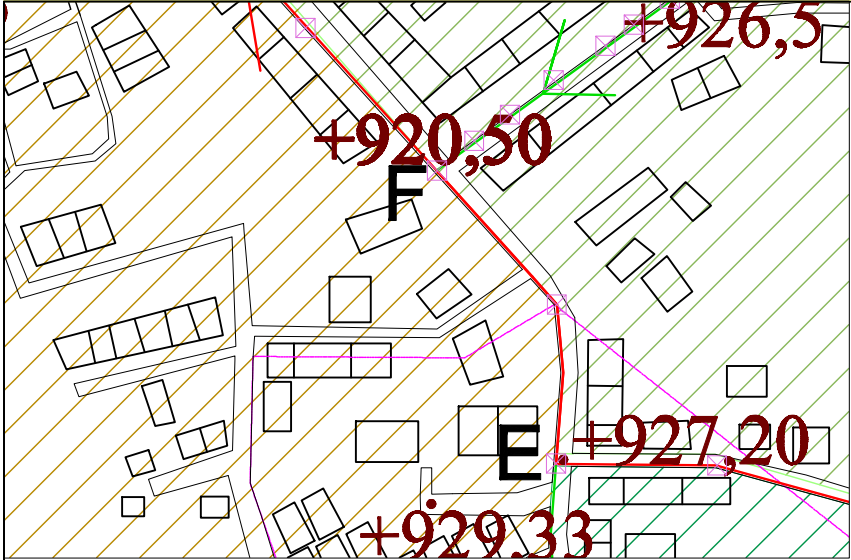
HALAMAN

08



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK	C				D				E		
	JARAK PATOK (m)		226,66				188,024					
	ELEVASI MUKA TANAH (m)		+928,73+927,81				+927,2					
	ELEVASI ATAS PIPA (m)		+923,64+923,19				+922,58					
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)		+923,43+922,98				+922,37					
	DIAMETER PIPA (mm)		216				216					
	JENIS MANHOLE		MH PERTIGAAN	MH BELOKAN	MH BELOKAN	MH BELOKAN	MH BELOKAN		MH BELOKAN	MH BELOKAN	MH PERTIGAAN	
	JARAK MANHOLE (m)		64,56	40,29	27,74	111,98	17,91	112,26	25,12			

	DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018		
	JUDUL TUGAS AKHIR		
	Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukit Tinggi		
	JUDUL GAMBAR		
Profil Hidroliks Potongan Pipa Primer C-E Blok A			
LEGENDA			
 Muka Tanah  Pipa Penyaluran IPAL  Pipa Primer Limbah  Pipa Sekunder Limbah  Instalasi Pengolahan air Limbah  Kontur Tanah  Manhole  Blok 1A  Blok 2A  Blok 3A  Blok 4A  Blok 5A  Blok 6A  Blok 7A			
MAHASISWA			
QURRATA LARAIBA TIDRI 03211440000034			
DOSEN ASISTENSI			
IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D 19711114 200312 2 001			
		SKALA X = 1 : 170 Y = 1 : 1700	
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN	
A.PT-01	PT-01	09	



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK	E			F	
	JARAK PATOK (m)		123,74			
	ELEVASI MUKA TANAH (m)	+927,2	+920,5			
	ELEVASI ATAS PIPA (m)	+922,58	+920,23			
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)	+922,37	+920,02			
	DIAMETER PIPA (mm)		216			
	JENIS MANHOLE	MH PERTIGAAN		MH BELOKAN	MH PERTIGAAN	
	JARAK MANHOLE (m)	38,27	25,12	95,29		



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan
Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidroli Potongan Pipa Primer E-F Blok A

LEGENDA

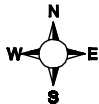
- Muka Tanah
- Pipa Penyaluran IPAL
- Pipa Primer Limbah
- Pipa Sekunder Limbah
- Instalasi Pengolahan air Limbah
- Kontur Tanah
- Manhole
- Blok 1A
- Blok 2A
- Blok 3A
- Blok 4A
- Blok 5A
- Blok 6A
- Blok 7A

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

X =1 : 120

Y =1 : 1200

KODE GAMBAR

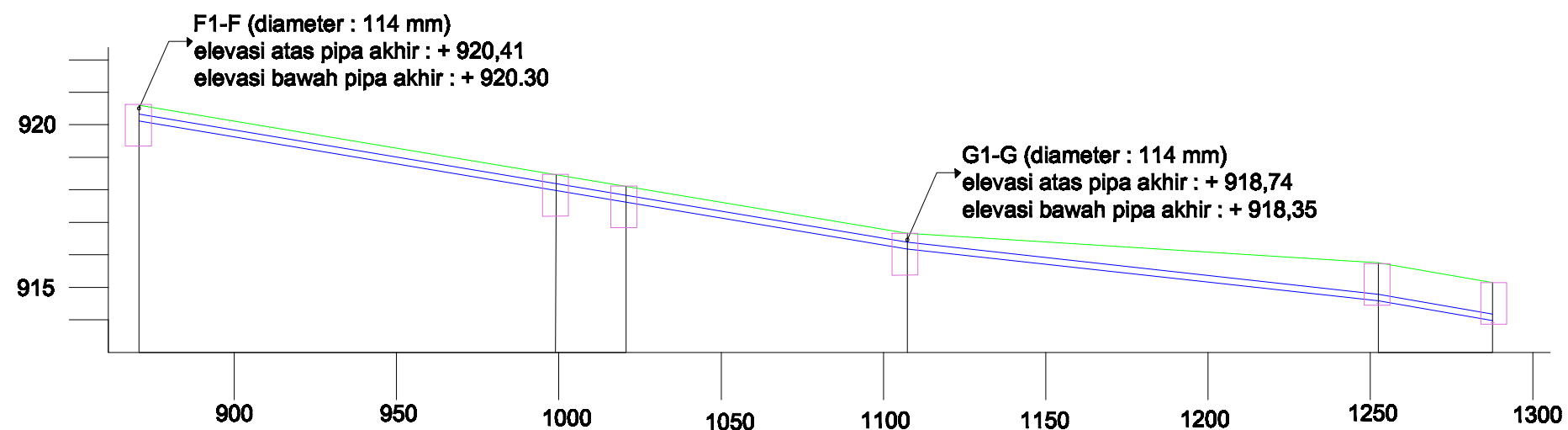
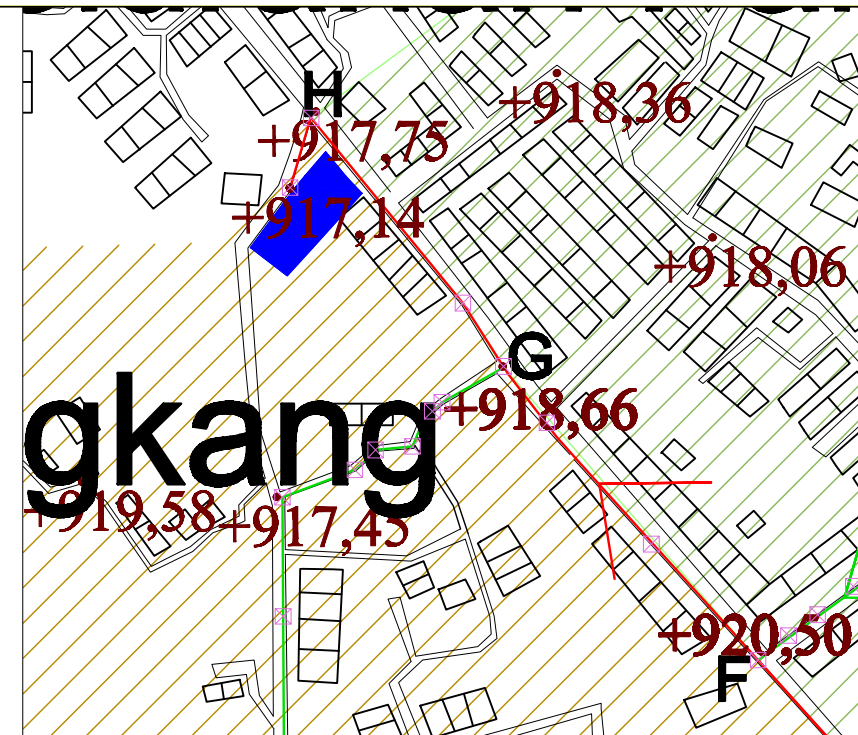
A.PT-01

NO. GAMBAR

PT-01

HALAMAN

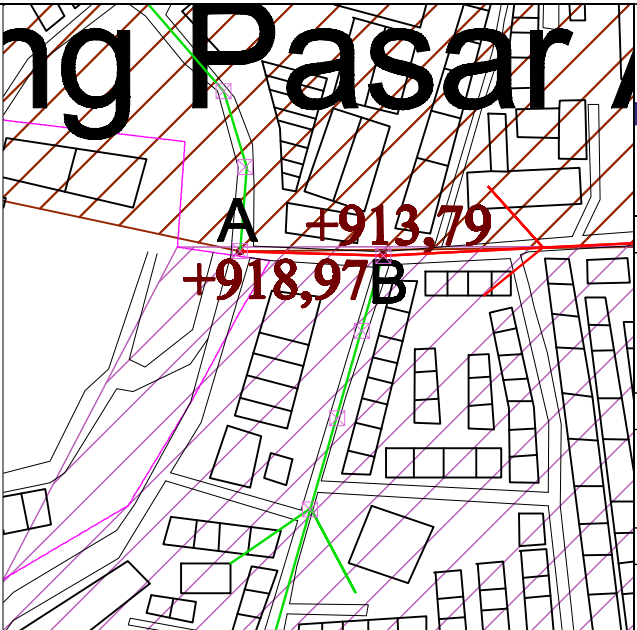
10



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK
	JARAK PATOK (m)
	ELEVASI MUKA TANAH (m)
	ELEVASI ATAS PIPA (m)
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)
	DIAMETER PIPA (mm)
	JENIS MANHOLE
	JARAK MANHOLE (m)

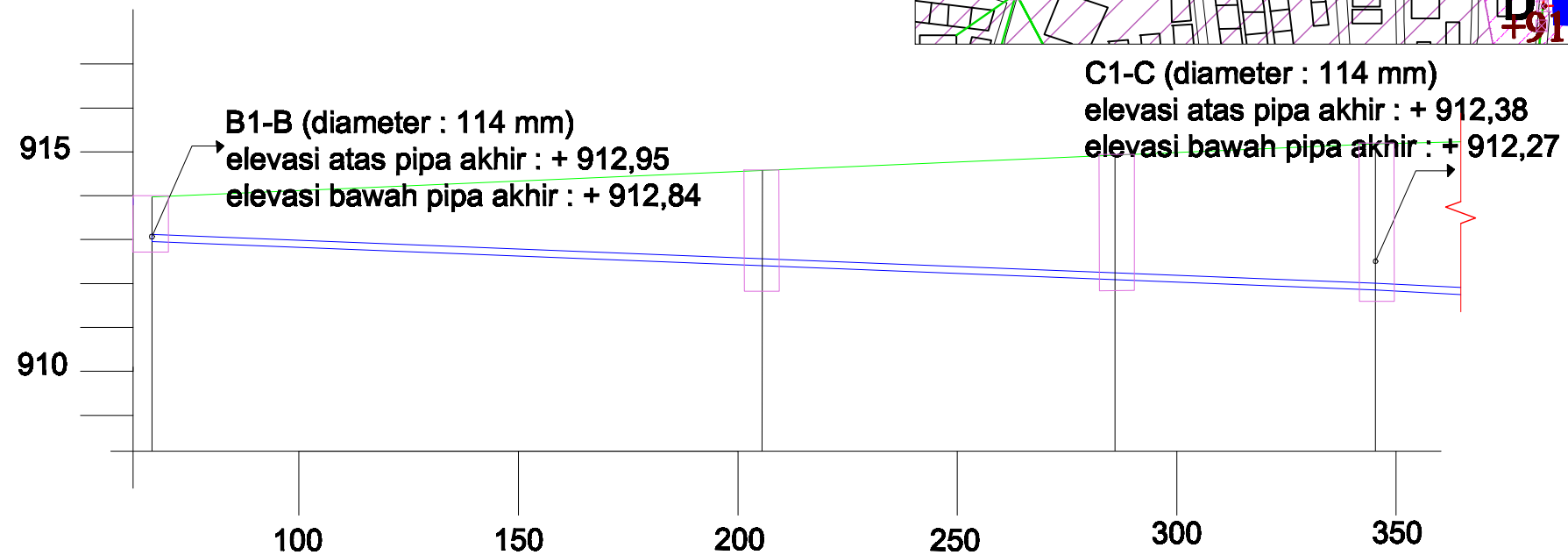
F			G		H	IPAL A
	236,62			145,10	35,21	
+920,5	+918,66			+917,75	+917,14	
+920,23	+918,39			+916,79	+916,79	
+920,02	+918,18			+916,58	+915,97	
	216			216	216	
MH PERTIGAAN	MH LURUS		MH BELOKAN	MH PERTIGAAN	MH BELOKAN	MH BELOKAN
	127,61	22,39	86,85	144,97	35,03	

	DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN		
	Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumhian		
	Institut Teknologi Sepuluh Nopember		
	Surabaya 2018		
	JUDUL TUGAS AKHIR		
	Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi		
	JUDUL GAMBAR		
	Profil Hidrolis Potongan Pipa Primer F- IPAL Blok A		
	LEGENDA		
	<div><div></div><div>Muka Tanah</div></div> <div><div></div><div>Pipa Penyaluran IPAL</div></div> <div><div></div><div>Pipa Primer Limbah</div></div> <div><div></div><div>Pipa Sekunder Limbah</div></div> <div><div></div><div>Instalasi Pengolahan air Limbah</div></div> <div><div></div><div>Kontur Tanah</div></div> <div><div></div><div>Manhole</div></div> <div><div></div><div>Blok 1A</div></div> <div><div></div><div>Blok 2A</div></div> <div><div></div><div>Blok 3A</div></div> <div><div></div><div>Blok 4A</div></div> <div><div></div><div>Blok 5A</div></div> <div><div></div><div>Blok 6A</div></div> <div><div></div><div>Blok 7A</div></div>		
MAHASISWA			
QURRATA LARAIBA TIDRI 03211440000034			
DOSEN ASISTENSI			
IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D 19711114 200312 2 001			
	SKALA		
	X = 1 : 180 Y = 1 : 1800		
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN	
A-PT-01	PT-01	11	



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK	A		B	
	JARAK PATOK (m)	66,49			
	ELEVASI MUKA TANAH (m)	+918,97	+913,79	+913,79	
	ELEVASI ATAS PIPA (m)	+913,93	+912,93	+912,94	
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)	+913,82	+912,79	+912,78	
	DIAMETER PIPA (mm)	140			
	JENIS MANHOLE	MH BELOKAN		MH PERTIGAAN	
	JARAK MANHOLE (m)	66,49			

<p align="center">DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumhian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018</p>		
<p align="center">JUDUL TUGAS AKHIR</p>		
<p>Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi</p>		
<p align="center">JUDUL GAMBAR</p>		
<p>Profil Hidroli Potongan Pipa Primer A-B Blok B</p>		
<p align="center">LEGENDA</p>		
	Muka Tanah	
	Pipa Penyaluran IPAL	
	Pipa Primer Limbah	
	Pipa Sekunder Limbah	
	Instalasi Pengolahan air Limbah	
	Kontur Tanah	
	Blok 1B	
	Blok 2B	
	Blok 3B	
	Blok 4B	
	Manhole	
<p align="center">MAHASISWA</p>		
<p align="center">QURRATA LARAIBA TIDRI 03211440000034</p>		
<p align="center">DOSEN ASISTENSI</p>		
<p align="center">IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D 19711114 200312 2 001</p>		
	SKALA	
	<p>X = 1 : 100 Y = 1 : 1000</p>	
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN
A.PT-01	PT-01	12














RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK
	JARAK PATOK (m)
	ELEVASI MUKA TANAH (m)
	ELEVASI ATAS PIPA (m)
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)
	DIAMETER PIPA (mm)
	JENIS MANHOLE
	JARAK MANHOLE (m)

B			C	
	278,82			
	+913,79			+915
	+912,94			+911,83
	+912,78			+911,67
	165			
	MH PERTIGAAN	MH BELOKAN	MH BELOKAN	MH PERTIGAAN
	139,05	80,44	59,33	

JUDUL GAMBAR	
Profil Hidrolis Potongan Pipa Primer B-C Blok B	

LEGENDA

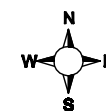
-  Muka Tanah
 Pipa Penyaluran IPAL
 Pipa Primer Limbah
 Pipa Sekunder Limbah
 Instalasi Pengolahan air Limbah
 Kontur Tanah
 Blok 1B
 Blok 2B
 Blok 3B
 Blok 4B
 Manhole

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

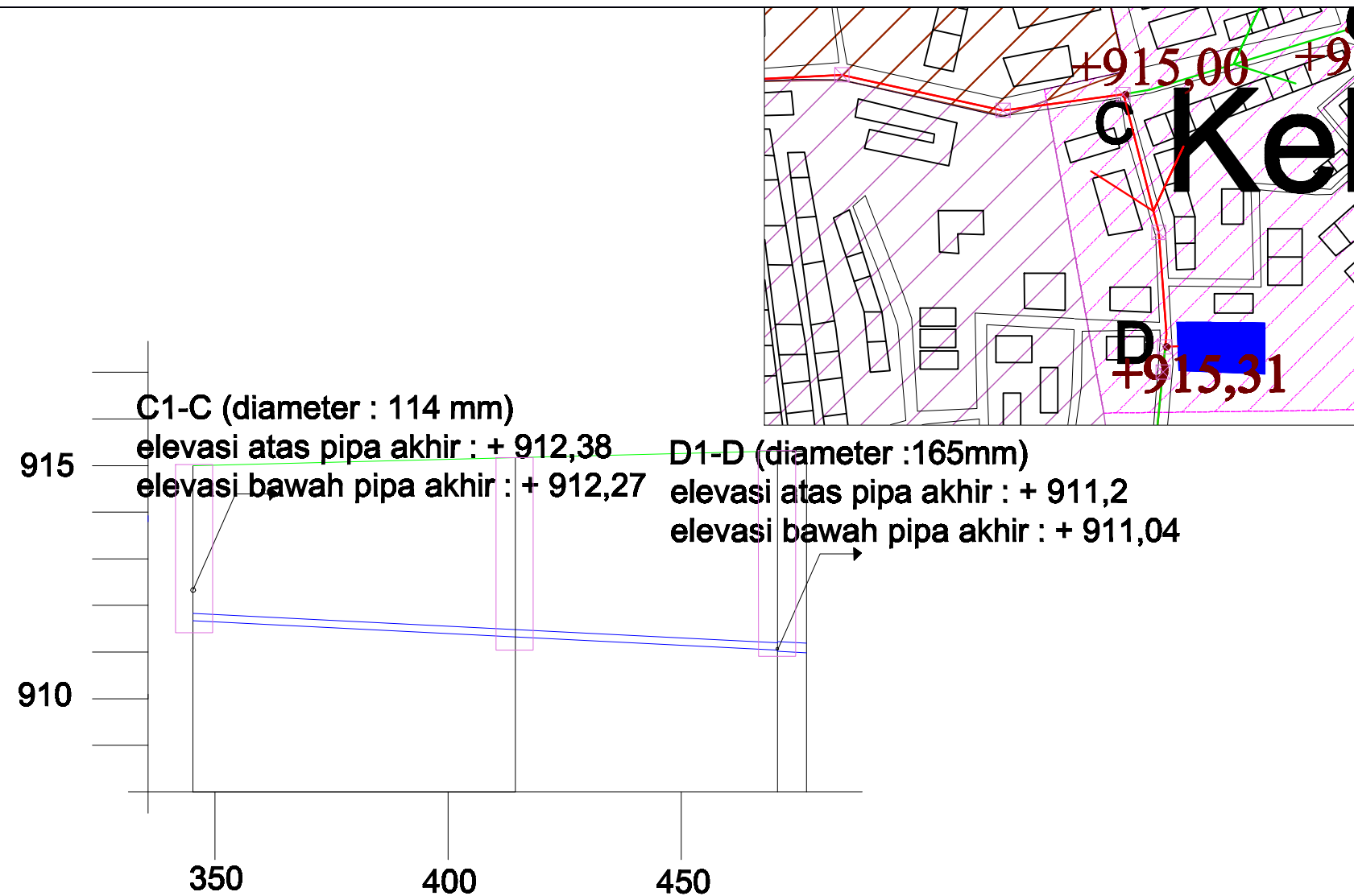
IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA







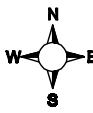
X= 1:140
Y= 1:1400

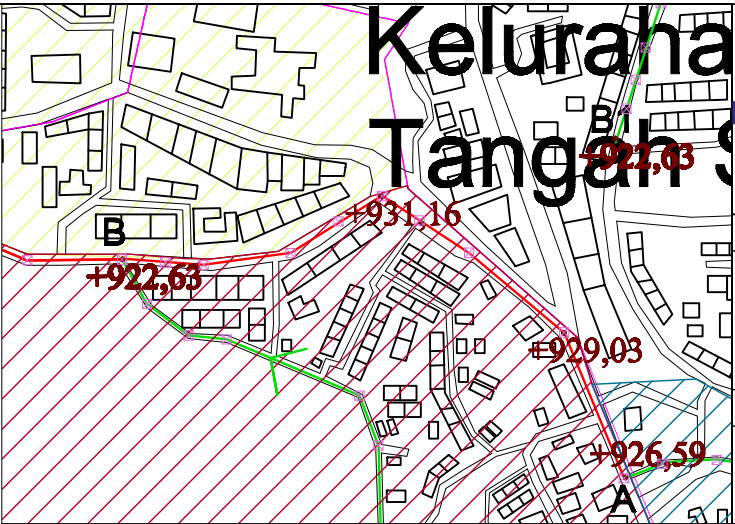
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN
A.PT-01	PT-01	13



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK
	JARAK PATOK (m)
	ELEVASI MUKA TANAH (m)
	ELEVASI ATAS PIPA (m)
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)
	DIAMETER PIPA (mm)
	JENIS MANHOLE
	JARAK MANHOLE (m)

C		D		IPAL
	278,82	16,19		
+915	+915,31		+915,31	
+911,83	+911,20		+911,19	
+911,67	+911,04		+910,98	
	165		216	
	MH PERTIGAAN	MH BELOKAN	MH PERTIGAAN	
	69.25	56,1		

 <p>DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumhian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018</p>		
JUDUL TUGAS AKHIR		
<p>Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi</p>		
JUDUL GAMBAR		
Profil Hidrolis Potongan Pipa Primer C-IPAL Blok B		
LEGENDA		
<p>— Muka Tanah</p> <p>— Pipa Penyaluran IPAL</p> <p>— Pipa Primer Limbah</p> <p>— Pipa Sekunder Limbah</p> <p>Instalasi Pengolahan air Limbah</p> <p>● Kontur Tanah</p> <p> Blok 1B</p> <p> Blok 2B</p> <p> Blok 3B</p> <p> Blok 4B</p> <p> Manhole</p>		
MAHASISWA		
<p>QURRATA LARAIBA TIDRI 03211440000034</p>		
DOSEN ASISTENSI		
<p>IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D 19711114 200312 2 001</p>		
	SKALA	
	<p>X= 1:120</p> <p>Y= 1:1200</p>	
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN
A.PT-01	PT-01	14



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan
Kebumuhan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidroli Potongan Pipa Primer A-B Blok C

LEGENDA

Muka Tanah

Pipa Penyaluran IPAL

Pipa Primer Limbah

Pipa Sekunder Limbah

Instalasi Pengolahan air Limbah

Kontur Tanah

Blok 1C

Blok 2C

Blok 3C

Manhole

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001

N

W

S

E

SKALA

X= 1:200
Y= 1:2000

KODE GAMBAR

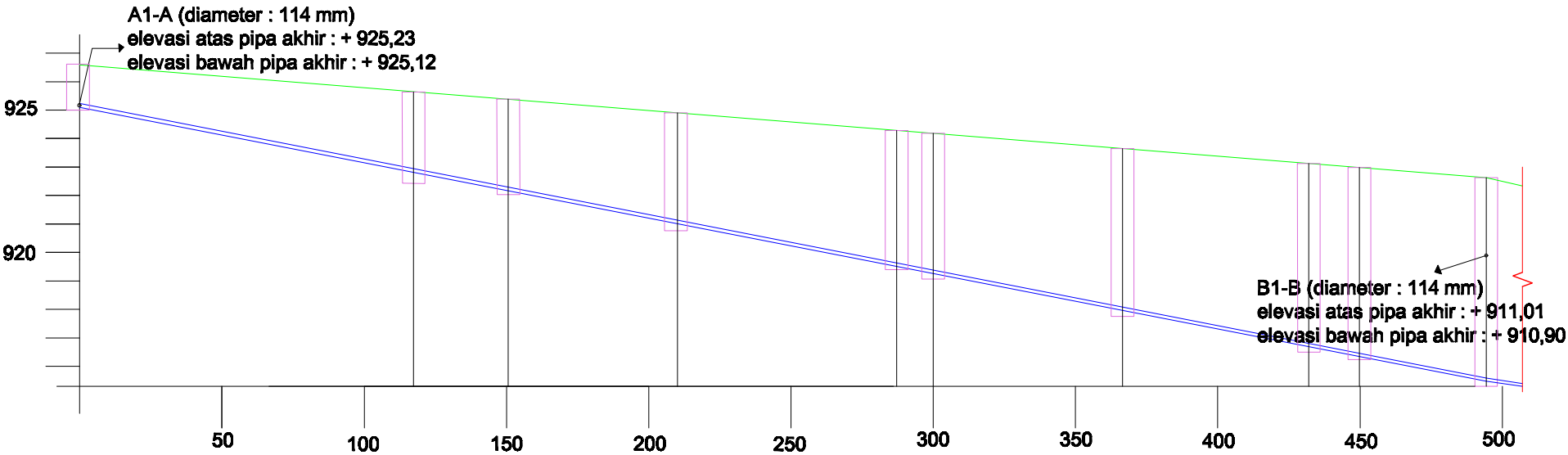
NO. GAMBAR

HALAMAN

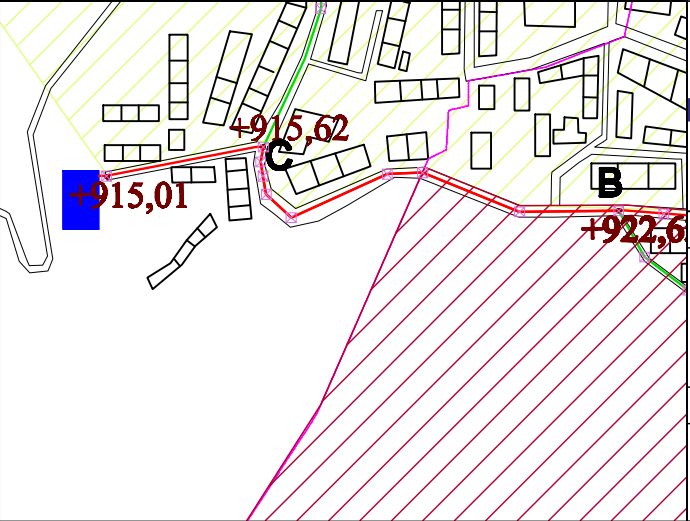
A.PT-01

PT-01

15



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK	A										B
	JARAK PATOK (m)	494,32										
	ELEVASI MUKA TANAH (m)	+926,59										+922,63
	ELEVASI ATAS PIPA (m)	+925,23										+915,59
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)	+925,12										+915,48
	DIAMETER PIPA (mm)	114										
	JENIS MANHOLE	MH BELOKAN										MH PERTIGAAN
	JARAK MANHOLE (m)	117,17	33,54	59,21	77,26	12,9	69,03	63,33	17,56	44,32		



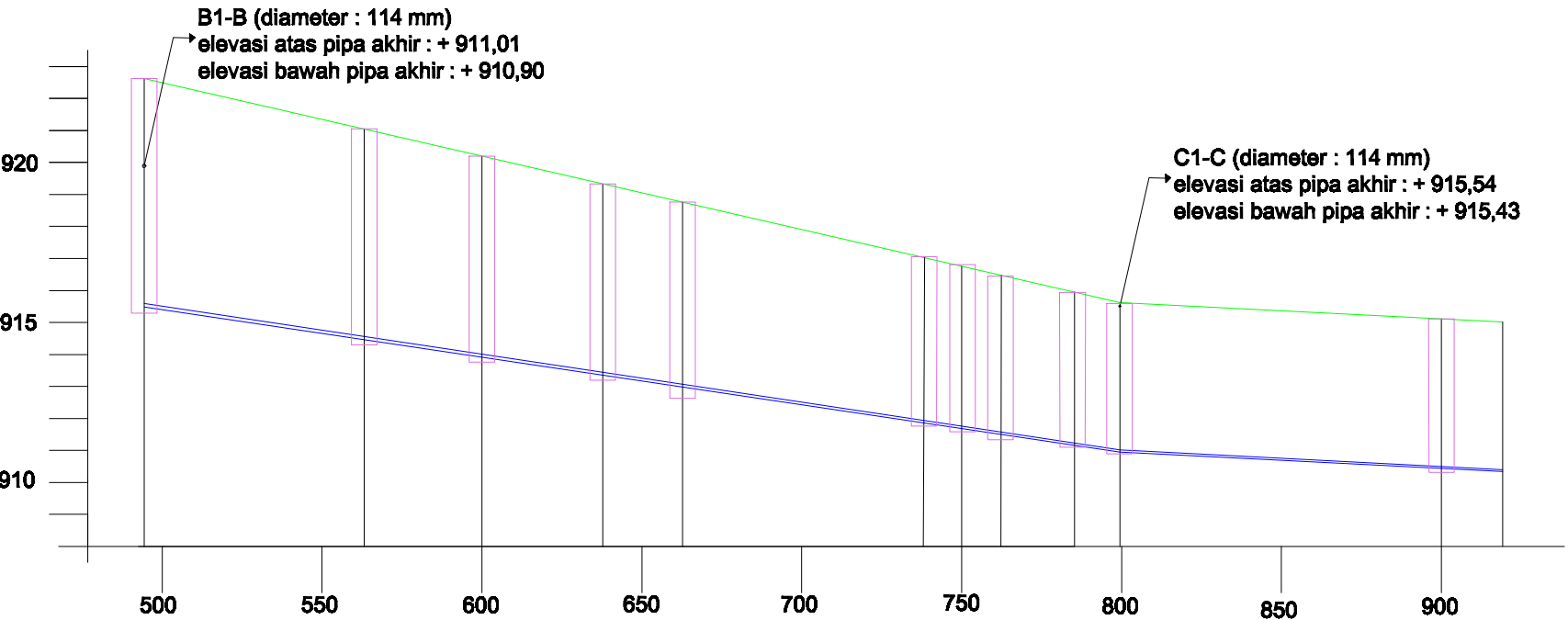
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan
Kebumuhan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidroli Potongan Pipa Primer B-IPAL Blok C



LEGENDA

Muka Tanah

Pipa Penyaluran IPAL

RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK
	JARAK PATOK (m)
	ELEVASI MUKA TANAH (m)
	ELEVASI ATAS PIPA (m)
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)
	DIAMETER PIPA (mm)
	JENIS MANHOLE
RENCANA PENANAMAN	JARAK MANHOLE (m)

B					C					IPAL	
	305,14								119,72		
+922,63	+915,62								+915,01		
+915,59	+911,01								+910,40		
+915,48	+910,90								+910,29		
	114								114		
	MH PERTIGAAN	MH BELOKAN	MH BELOKAN	MH BE-LOKAN	MH BELOKAN	MHBE LOKAN	MHBE LOKAN	MH LURUS	MHBE LOKAN	MH PERTIGAAN	MH LU-RUS
44,32	68,77	36,90	37,62	25,32	74,42	12,6	12,8	23,01	14,3	100,5	19,18

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001

N
W
S
E

SKALA
X= 1:200
Y= 1:2000

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

HALAMAN

A.PT-01

PT-01

16



LEGENDA

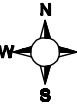
- Muka Tanah
- Pipa Penyaluran IPAL
- Pipa Primer Limbah
- Pipa Sekunder Limbah
- Instalasi Pengolahan air Limbah
- Kontur Tanah
- Blok 1D
- Blok 2D
- Blok 3D
- Manhole

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

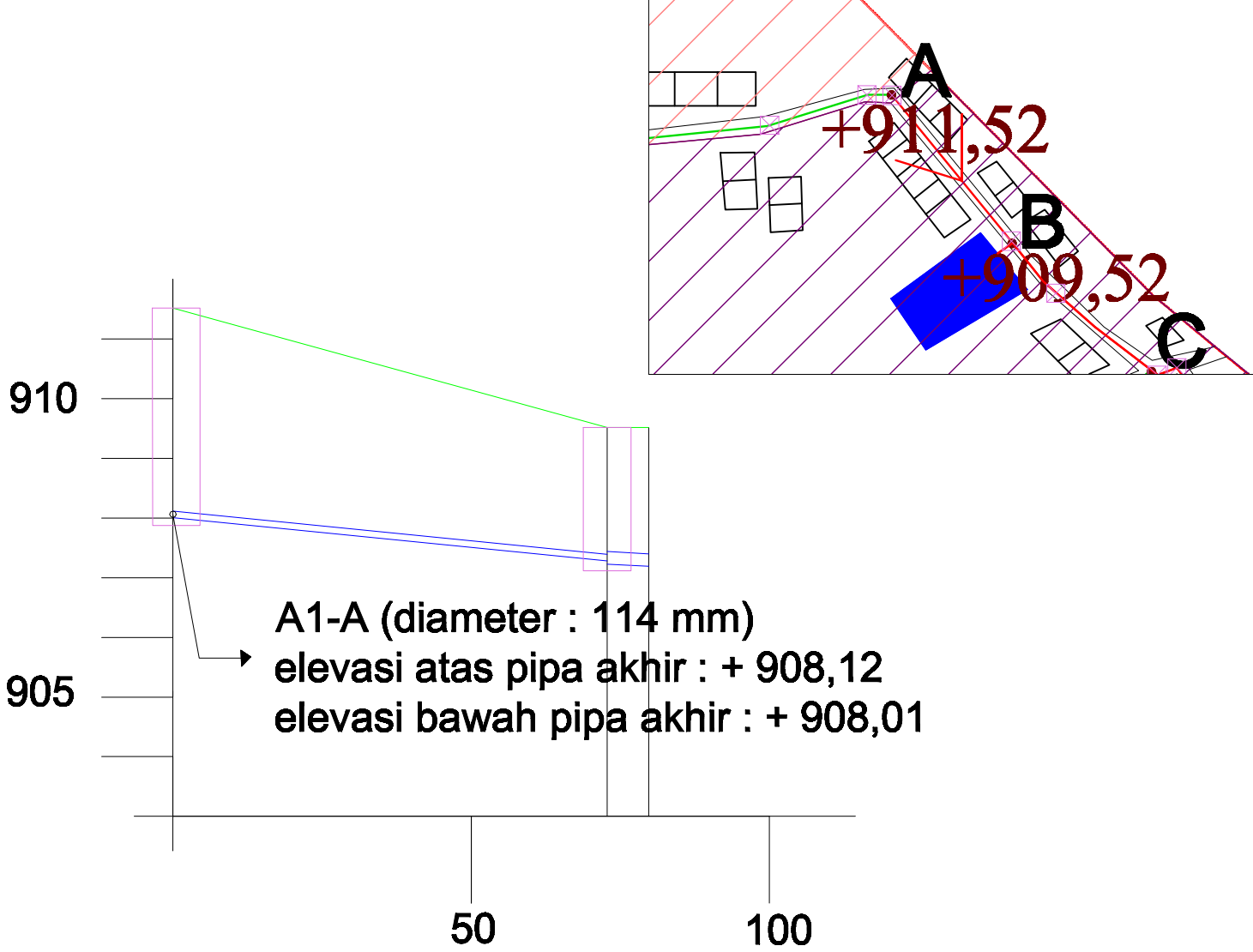
DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

X= 1:100
Y= 1:1000



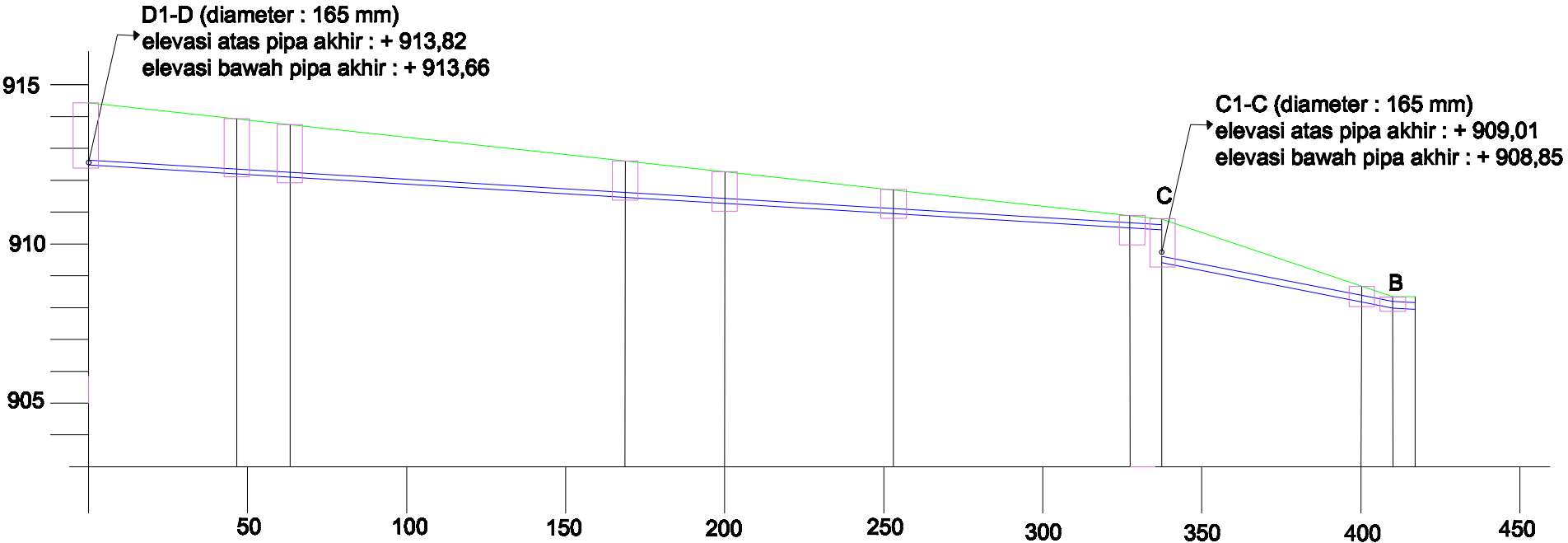
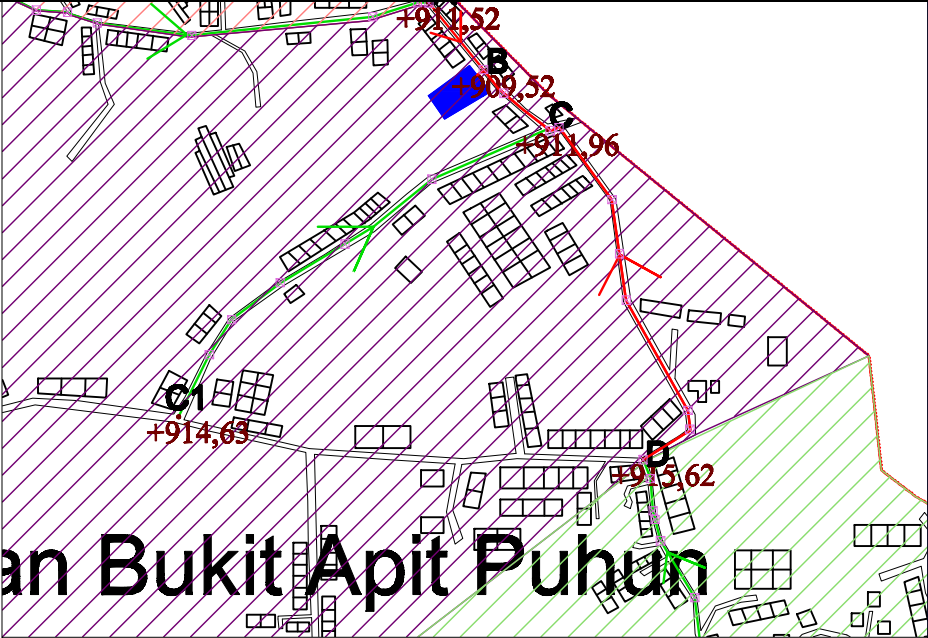
RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK
	JARAK PATOK (m)
	ELEVASI MUKA TANAH (m)
	ELEVASI ATAS PIPA (m)
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)
	DIAMETER PIPA (mm)
	JENIS MANHOLE
	JARAK MANHOLE (m)

A		B		IPAL D
72,77		7		
+911,52	+909,52			+909,52
+908,12	+907,39			+907,35
+908,01	+907,28			+907,14
114		216		
MH BELOKAN		MH PERTIGAAN		
72,3				



LEGENDA

- Muka Tanah
- Pipa Penyaluran IPAL
- Pipa Primer Limbah
- Pipa Sekunder Limbah
- Instalasi Pengolahan air Limbah
- Kontur Tanah
- Blok 1D
- Blok 2D
- Blok 3D
- Manhole



RENCANA PENANAMAN	NOMOR PATOK
	JARAK PATOK (m)
	ELEVASI MUKA TANAH (m)
	ELEVASI ATAS PIPA (m)
	ELEVASI BAWAH PIPA (m)
	DIAMETER PIPA (mm)
JENIS MANHOLE	
	JARAK MANHOLE (m)

D							C		B	IPAL
337,43							72,64		7	
+915,62							+911,96	+911,96	+909,52	+909,52
+913,82							+911,79	+908,81	+907,39	+907,35
+913,66							+911,63	+908,60	+907,18	+907,14
165							216			216
MH BELOKAN	MH BEL OKAN	MH BELOKAN	MH BELOKAN	MH LURUS	MH BELOKAN	MH BELOKAN	DROP MH	MH LURUS		MH PERTIGAAN
46,56	16,8	105,28	31,28	53	74,40	10	62,57	10		

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

X= 1:180
Y= 1:1800



LEGENDA



Muka Tanah



Beton



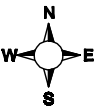
Pasir

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

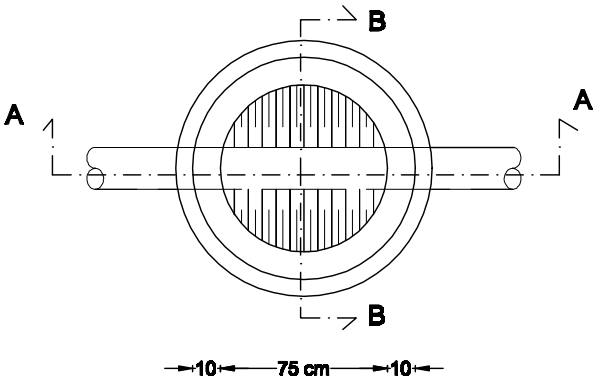
DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001

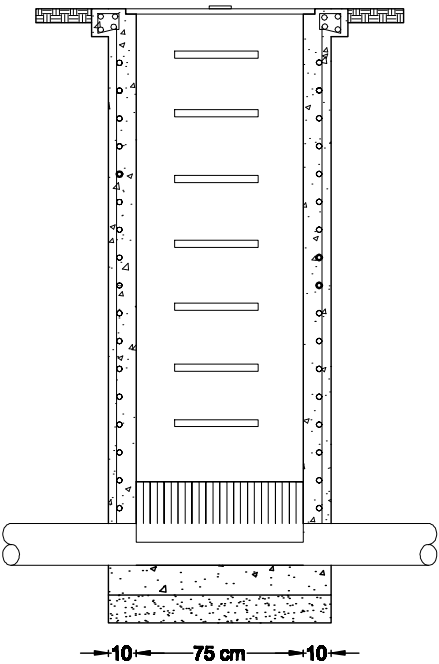


SKALA

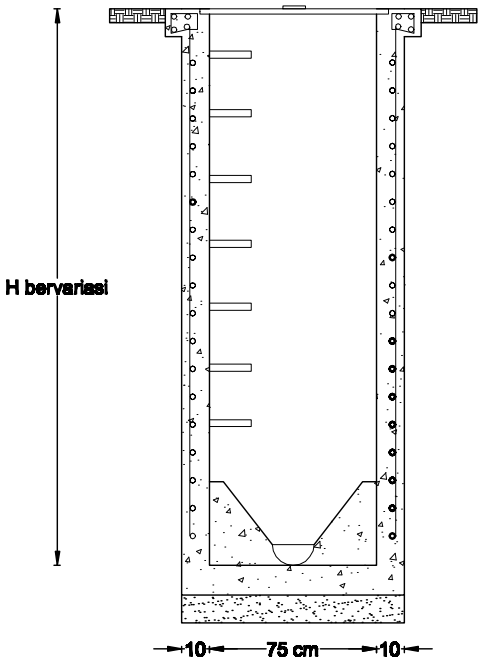
1 : 25



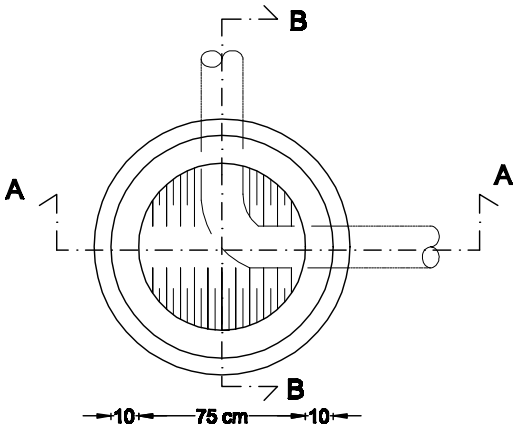
DENAH TIPIKAL MANHOLE (LURUS)
SKALA 1:25



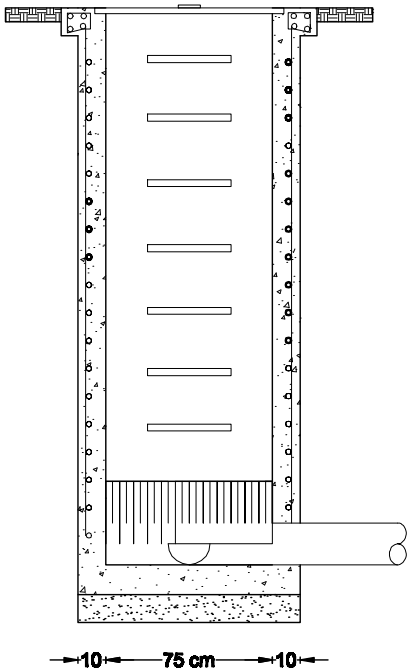
POTONGAN A-A
SKALA 1:25



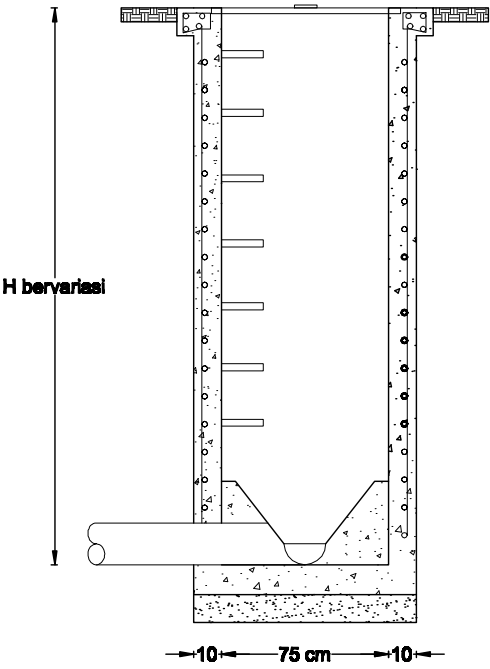
POTONGAN B-B
SKALA 1:25



DENAH TIPIKAL MANHOLE (BELOKAN)
SKALA 1:25



POTONGAN A-A
SKALA 1:25



POTONGAN B-B
SKALA 1:25



JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

TIPIKAL MANHOLE PERTIGAAN DAN DROP

LEGENDA



Muka Tanah



Beton



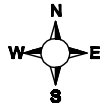
Pasir

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

1:25

KODE GAMBAR

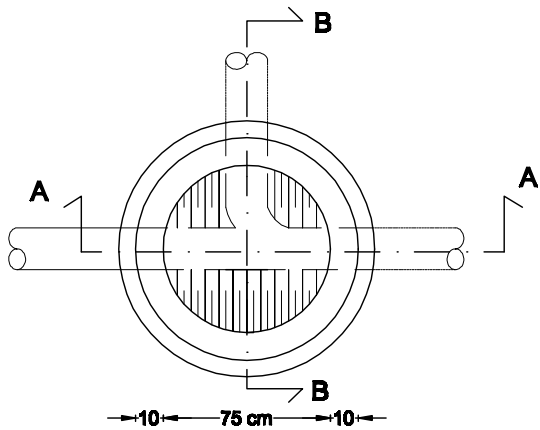
A.PT-01

NO. GAMBAR

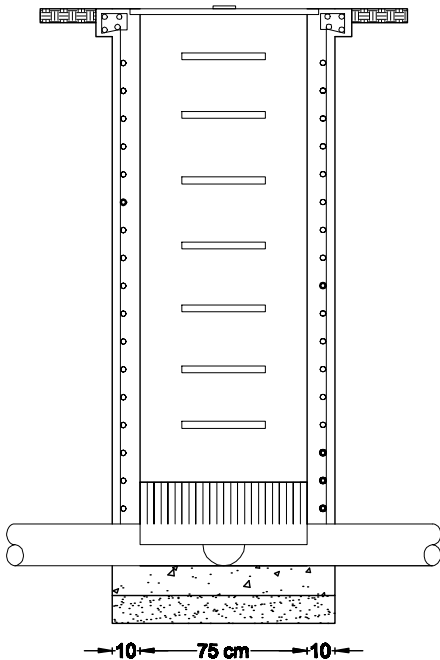
PT-01

HALAMAN

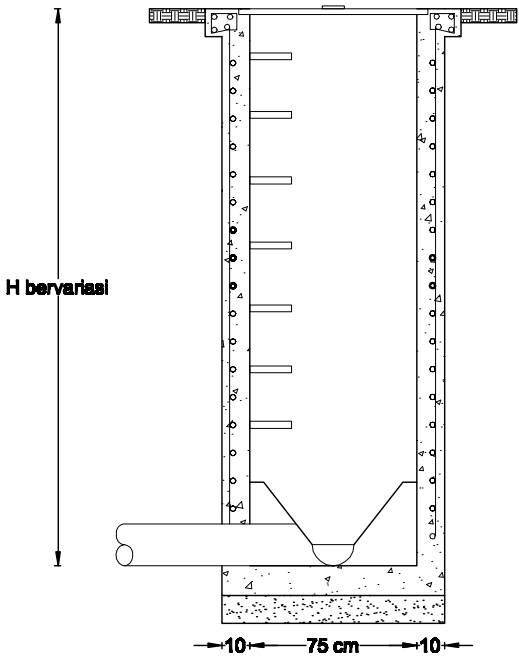
20



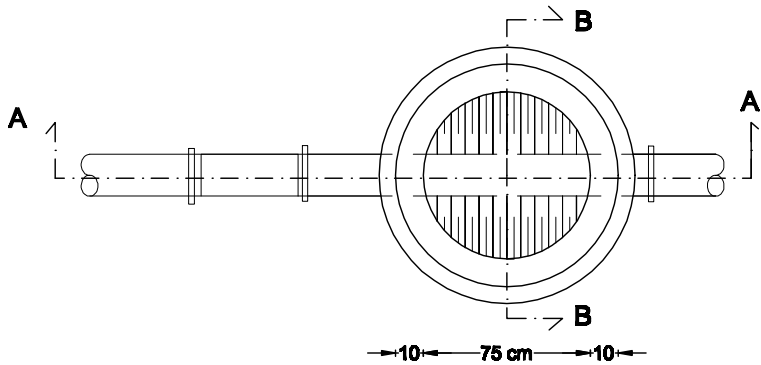
DENAH TIPIKAL MANHOLE (PERTIGAAN)
SKALA 1:25



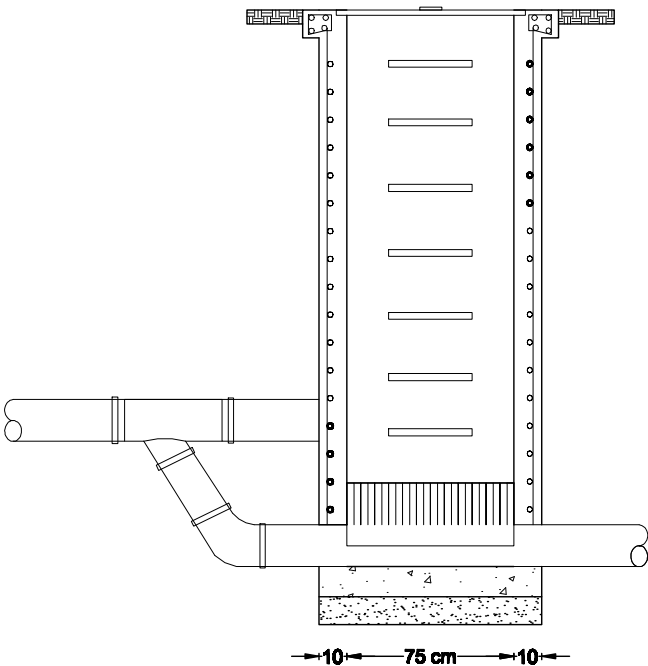
POTONGAN A-A
SKALA 1:25



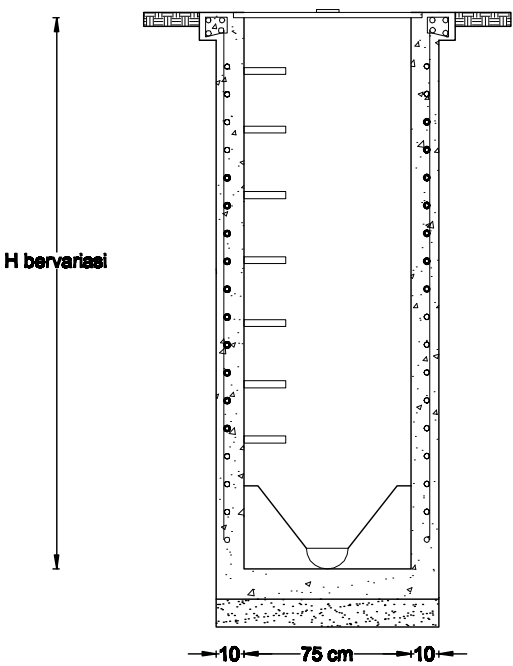
POTONGAN B-B
SKALA 1:25



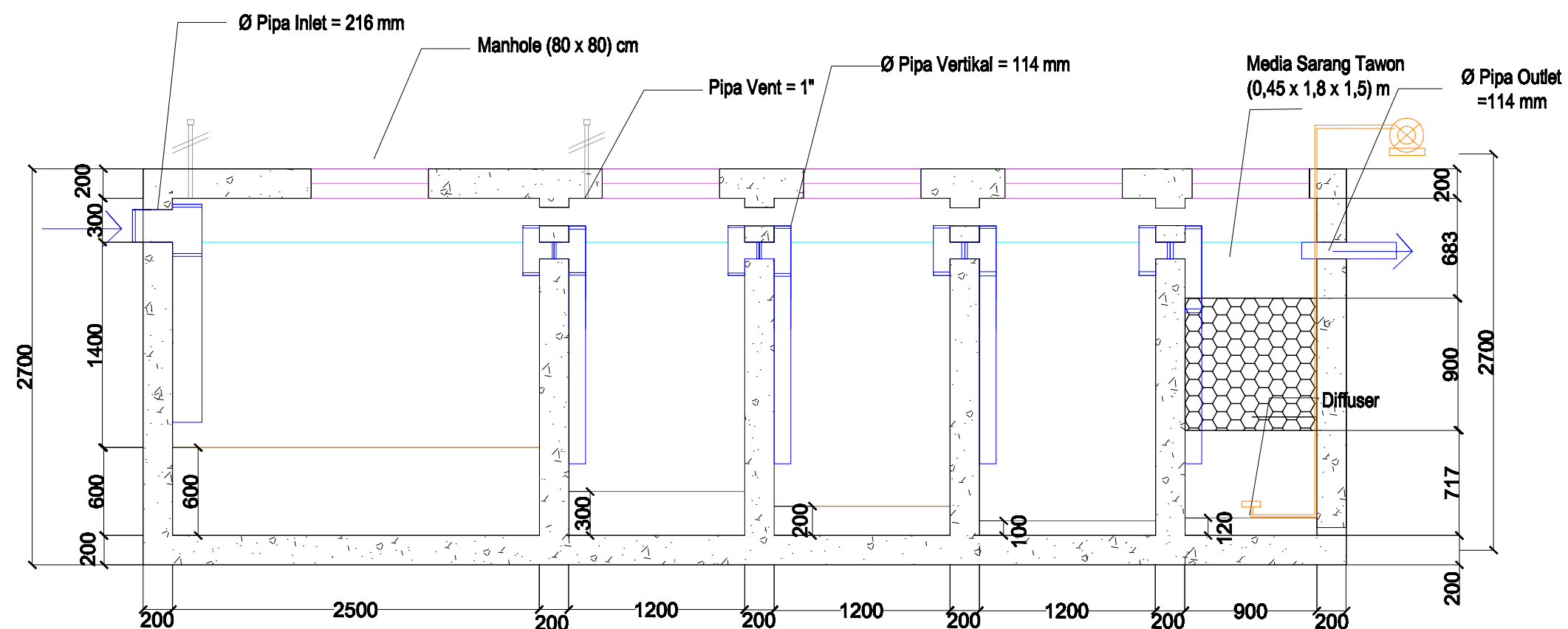
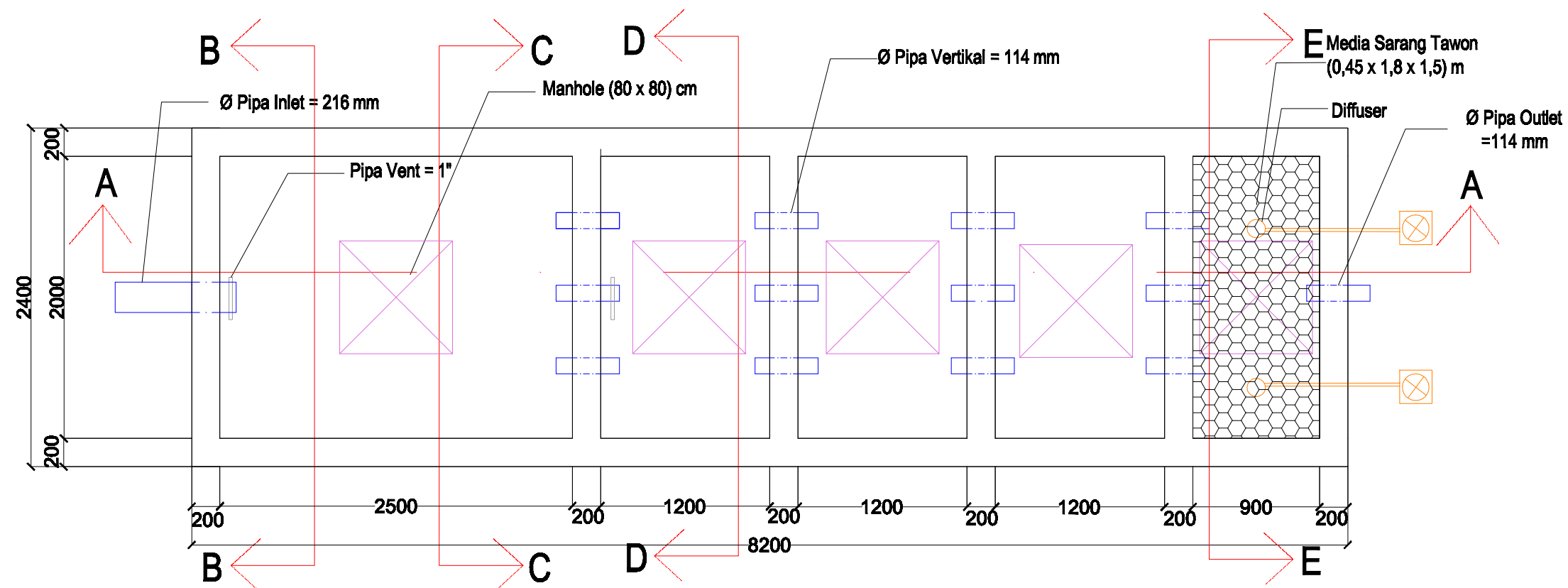
DENAH TIPIKAL MANHOLE (DROP)
SKALA 1:25



POTONGAN A-A
SKALA 1:25



POTONGAN B-B
SKALA 1:25



LEGENDA

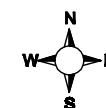
- | | |
|---|-----------------------------|
| | Muka air |
|  | Pipa Penyaluran IPAL |
|  | Manhole |
|  | Beton |
|  | Media Sarang Tawon |

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

1 :35

KODE GAMBAR

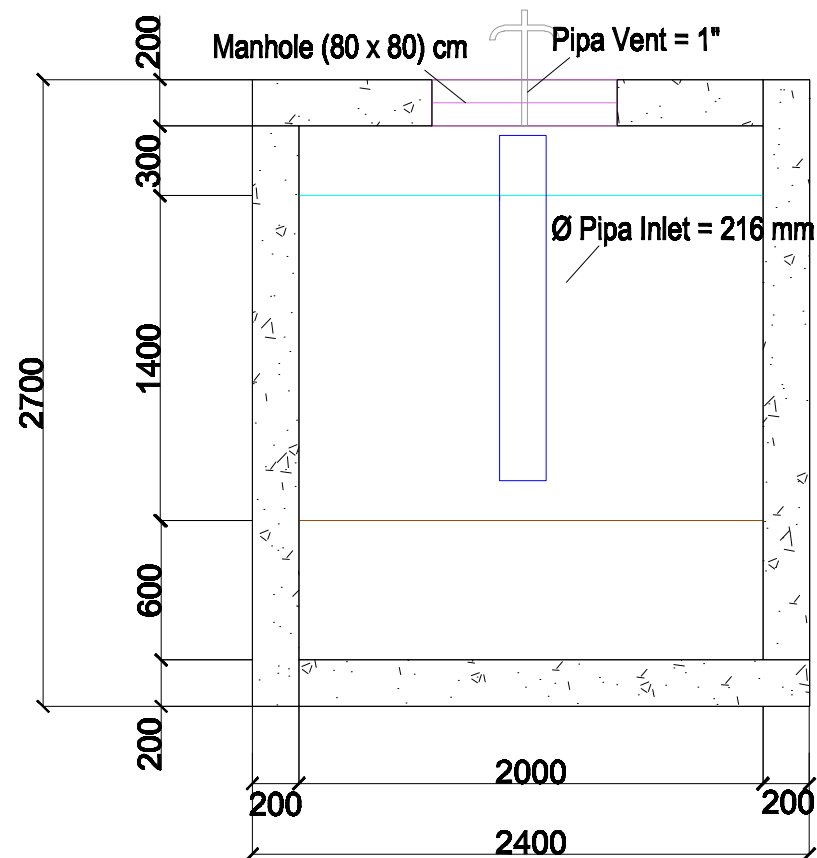
1	NO. GAMBAR	
---	------------	--

HALAMAN

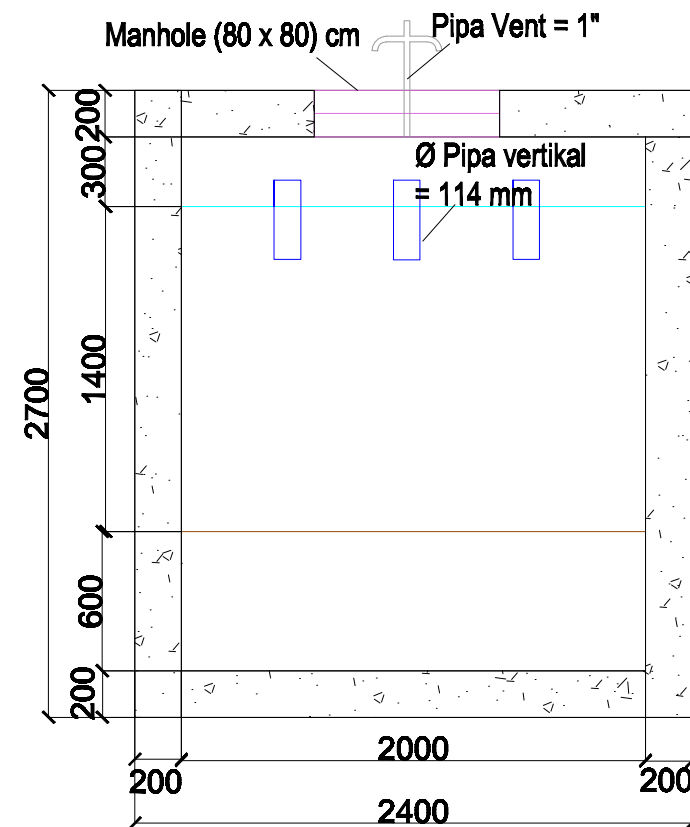
A.PT-01

PT-01

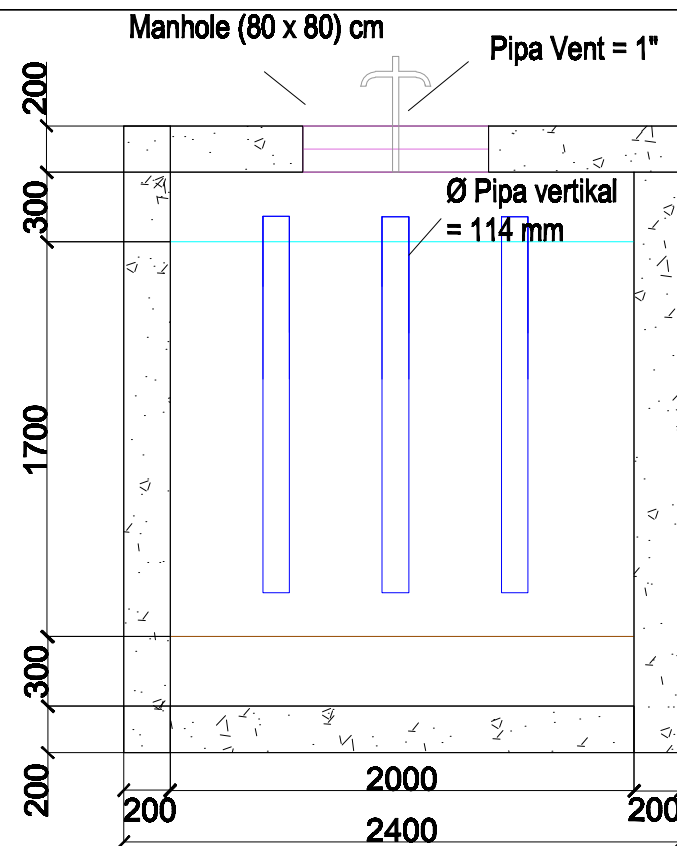
21



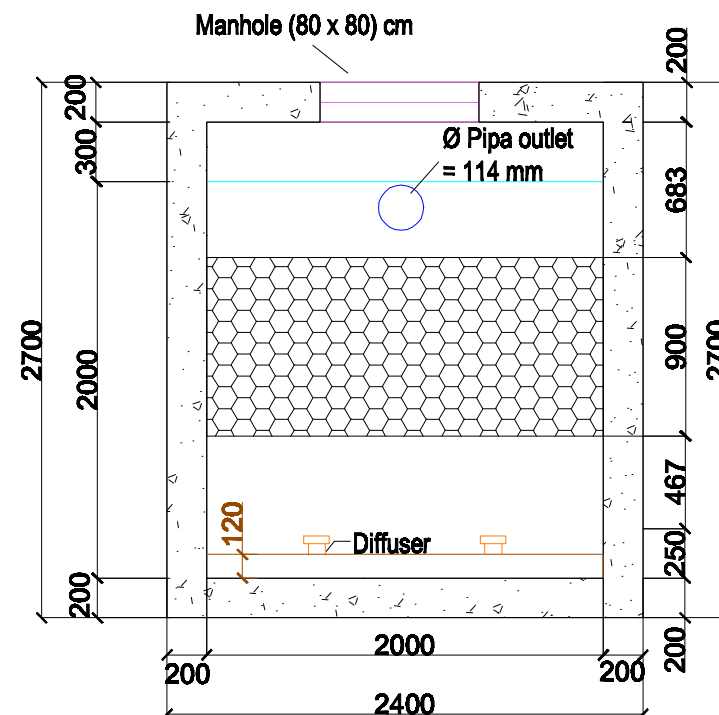
POTONGAN B-B IPAL



POTONGAN C-C IPAL



POTONGAN D-D IPAL



POTONGAN E-E IPAL



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan
Kebumuhan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Potongan B-B , C-C , D-D DAN E-E IPAL

LEGENDA

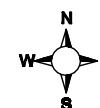
- Potongan
- Muka air
- Pipa Penyaluran IPAL
- Lumpur IPAL
- X Manhole
- Media Sarang Tawon

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

1 : 30

KODE GAMBAR

A.PT-01

NO. GAMBAR

PT-01

HALAMAN

22



JUDUL TUGAS AKHIR

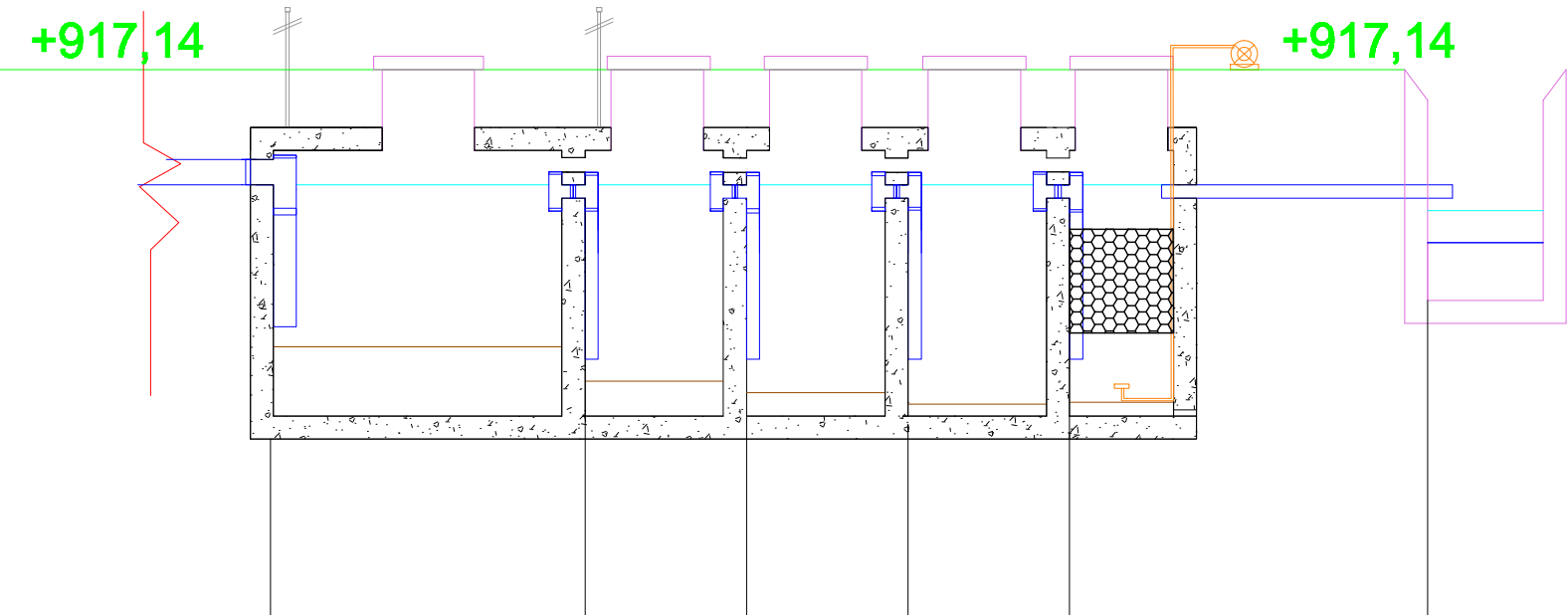
Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang,
Kota Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis IPAL A

LEGENDA

- Potongan
- Muka air IPAL
- Muka air Drainase
- Pipa Penyaluran IPAL
- Lumpur IPAL
- Manhole
- Media Sarang Tawon
- Drainase



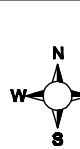
PROFIL HIDROLIS	NOMOR PATOK	A	B	C	D	E	F
	JARAK PATOK (m)	2,7	1,4	1,4	1,4	3,1	
	ELEVASI MUKA TANAH (m)	+917,14	+917,14	+917,14	+917,14	+917,14	+917,14
	PENGGALIAN TANAH (m)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	2,2
	ELEVASI PENGGALIAN TANAH (m)	+913,94	+913,94	+913,94	+913,94	+913,94	+914,94
	KEDALAMAN MUKA AIR (m)	1,216	1,22	1,22	1,22	1,22	1,222
	ELEVASI AIR (m)	+915,92	+915,92	+915,92	+915,92	+915,92	+915,918

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA
1 : 60



JUDUL TUGAS AKHIR

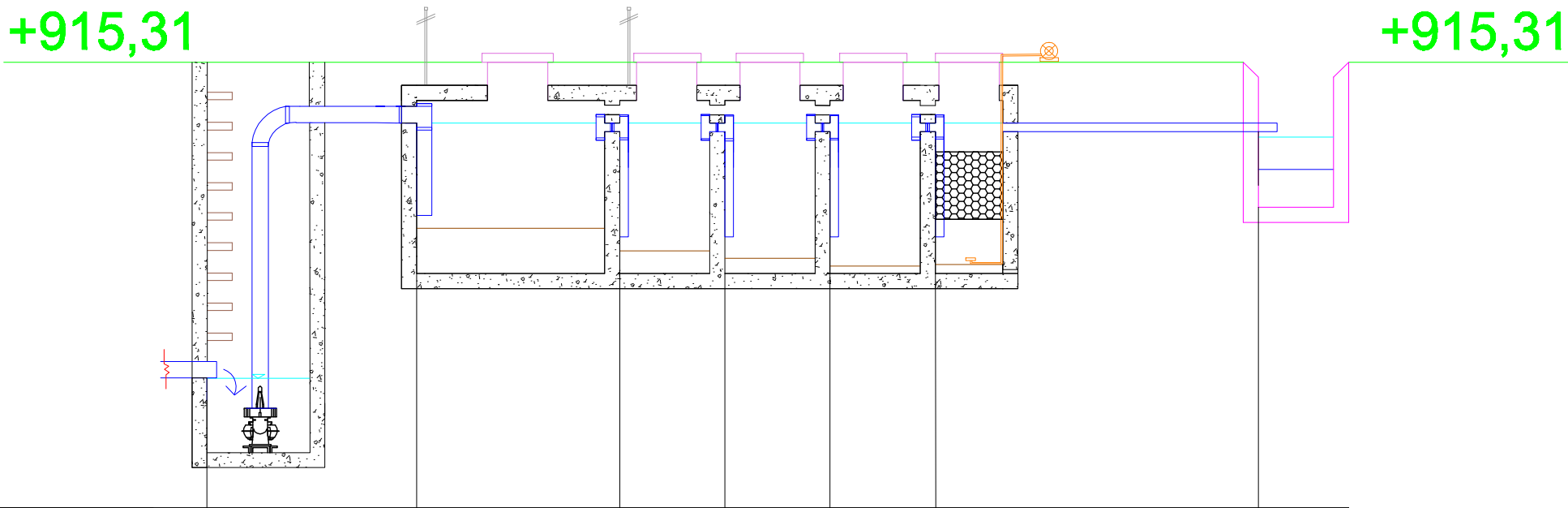
Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang,
Kota Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrois IPAL B

LEGENDA

- Potongan
- Muka air IPAL
- Muka air Drainase
- Pipa Penyaluran IPAL
- Lumpur IPAL
- Manhole
- Media Sarang Tawon
- Drainase



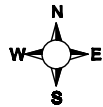
PROFIL HIDROLIS	NOMOR PATOK	A	B	C	D	E	F	G
	JARAK PATOK (m)	2,8	2,7	1,4	1,4	1,4	4,1	
	ELEVASI MUKA TANAH (m)	+915,31	+915,31	+915,31	+915,31	+915,31	+915,31	+915,31
	PENGGALIAN TANAH (m)	4,7	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	2,2
	ELEVASI PENGGALIAN TANAH (m)	+910,61	+912,11	+912,11	+912,11	+912,11	+912,11	+913,11
	KEDALAMAN MUKA AIR (m)	4,2	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72
	ELEVASI AIR (m)	+911,11	+914,6	+914,6	+914,6	+915,6	+915,6	+914,59

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

1 : 75

KODE GAMBAR

A.PT-01

NO. GAMBAR

PT-01

HALAMAN

24



JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang,
Kota Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis IPAL C

LEGENDA

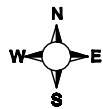
- Potongan
- Muka air IPAL
- Muka air Drainase
- Pipa Penyaluran IPAL
- Lumpur IPAL
- Manhole
- Media Sarang Tawon
- Drainase

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

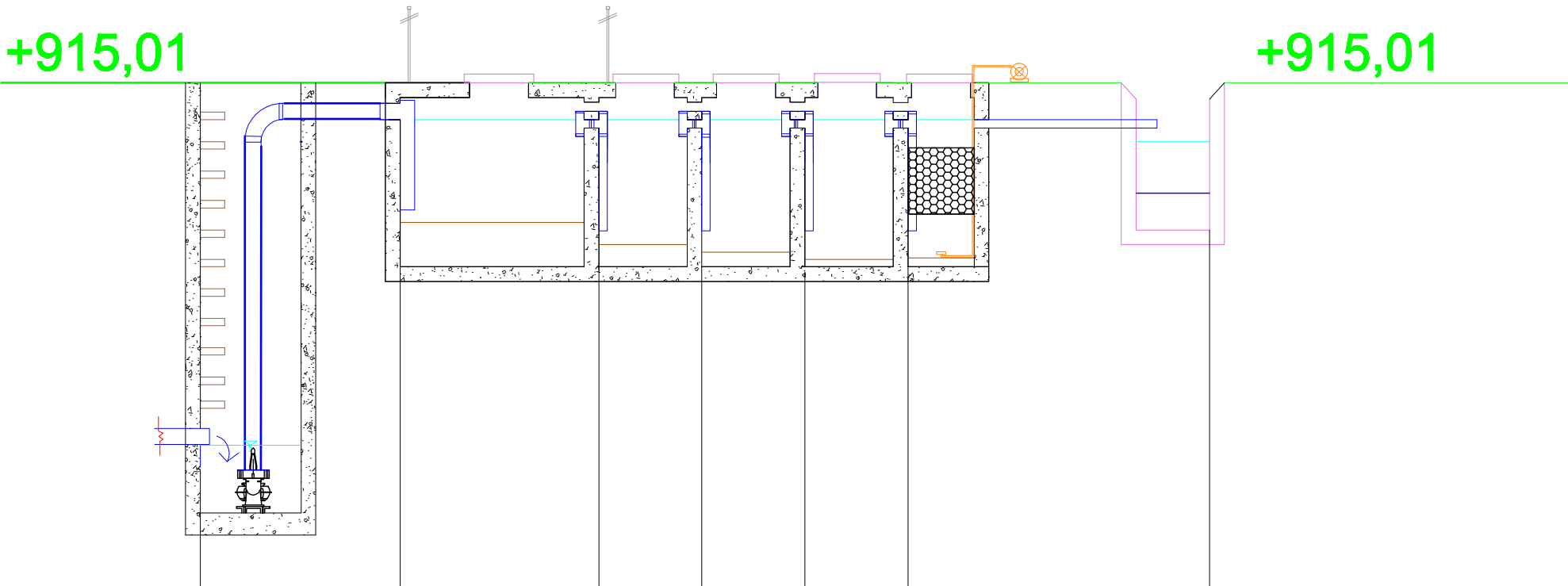
DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA
1 : 75

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	HALAMAN
A.PT-01	PT-01	25



PROFIL HIDROLIS	NOMOR PATOK	A	B	C	D	E	F	G
	JARAK PATOK (m)	2,5	2,7	1,4	1,4	1,4	3	
	ELEVASI MUKA TANAH (m)	+915,01	+915,01	+915,01	+915,01	+915,01		+915,01
	PENGALIAN TANAH (m)	5,2	2,7	2,7	2,7	2,7		2
	ELEVASI PENGALIAN TANAH (m)	+909,81	+912,31	+912,31	+912,31	+912,31		+913,01
	KEDALAMAN MUKA AIR (m)	4,9	0,69	0,69	0,69	0,69		0,69
	ELEVASI AIR (m)	+910,11	+914,319	+914,319	+914,319	+914,319		+914,313



JUDUL TUGAS AKHIR

Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik Kecamatan Guguk Panjang,
Kota Bukittinggi

JUDUL GAMBAR

Profil Hidroli IPAL D

LEGENDA

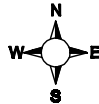
- Potongan
- Muka air IPAL
- Muka air Drainase
- Pipa Penyaluran IPAL
- Lumpur IPAL
- Manhole
- Media Sarang Tawon
- Drainase

MAHASISWA

QURRATA LARAIBA TIDRI
03211440000034

DOSEN ASISTENSI

IPUNG FITRI PURWANTI, ST, MT, Ph.D
19711114 200312 2 001



SKALA

1 : 60

KODE GAMBAR

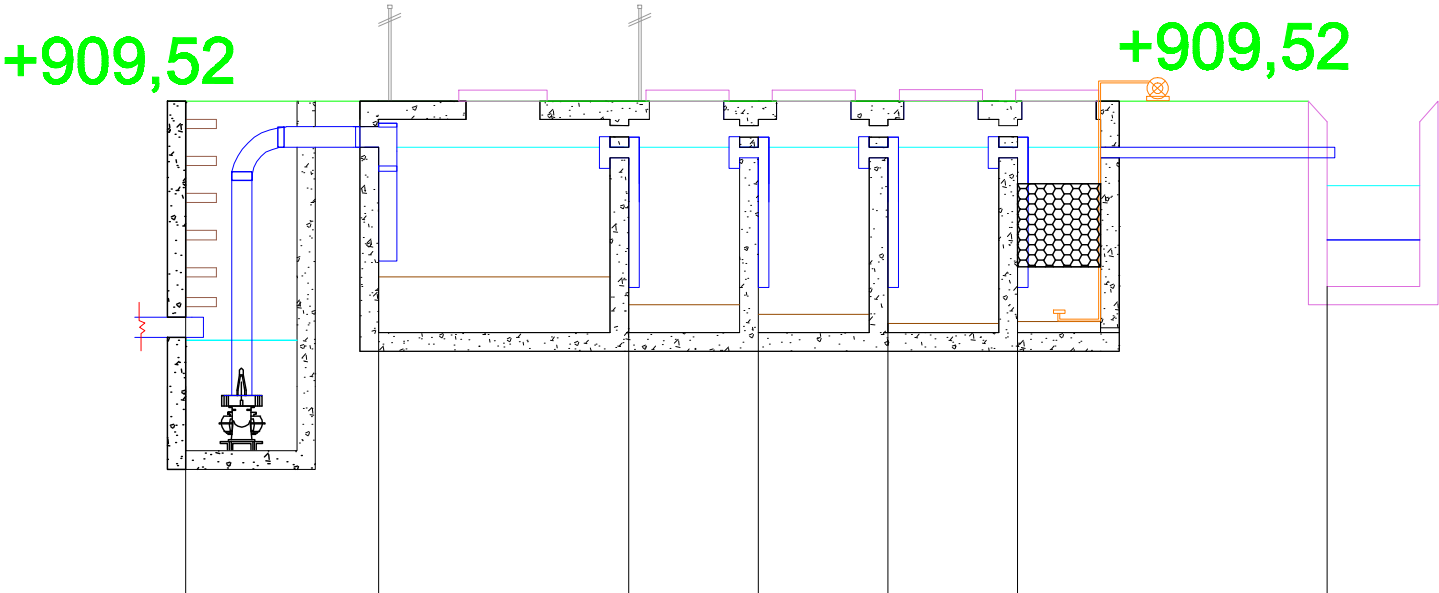
A.PT-01

NO. GAMBAR

PT-01

HALAMAN

26



PROFIL HIDROLIS	NOMOR PATOK	A	B	C	D	E	F	G
	JARAK PATOK (m)	2,08	2,7	1,4	1,4	1,4	3	
	ELEVASI MUKA TANAH (m)	+909,52	+909,52	+909,52	+909,52	+909,52	+909,52	+909,52
	PENGGALIAN TANAH (m)	3,08	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2
	ELEVASI PENGGALIAN TANAH (m)	+906,44	+906,82	+906,82	+906,82	+906,82	+906,82	+907,52
	KEDALAMAN MUKA AIR (m)	2,38	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,31
	ELEVASI AIR (m)	+907,14	+909,22003	+909,22	+909,22	+909,22	+909,22	+909,214